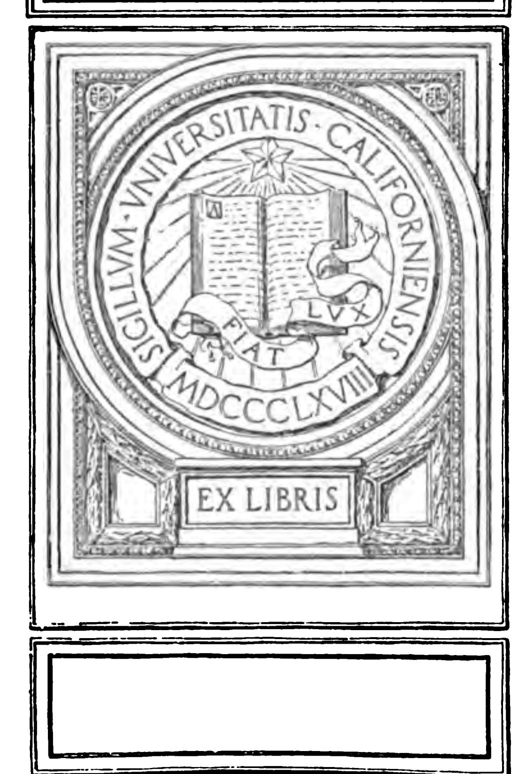
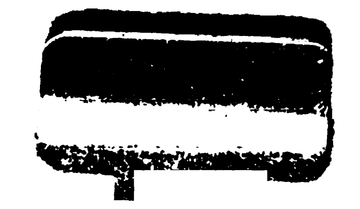

UC-NRLF
B 4 500 831
YD 03906



From F. W. Zerban, Chief Chemist,
New York Sugar Trade Laboratory,
1946



TRAÎTÉ COMPLET

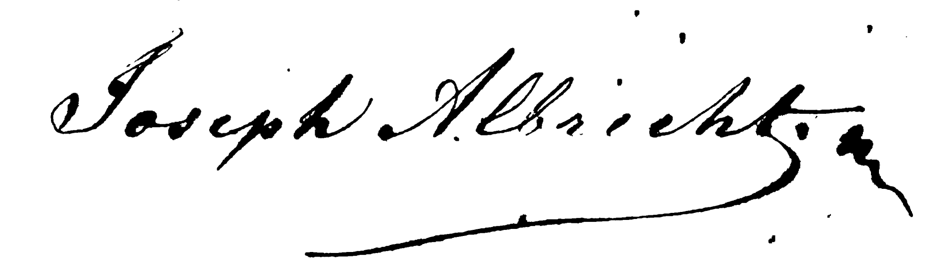
DE

FABRICATION ET RAFFINAGE

DU

SUCRE DE BETTERAVES.

TOME PREMIER.



TRAITÉ COMPLET
DE
FABRICATION ET RAFFINAGE
DU SUCRE DE BETTERAVES

PAR

L. WALKHOFF,
PROPRIÉTAIRE ET FABRICANT DE SUCRE A KALINOWKA (PODOLIE),
MEMBRE DE PLUSIEURS SOCIÉTÉS SAVANTES, ETC.

DEUXIÈME ÉDITION FRANÇAISE.

(TRADUITE SUR LA QUATRIÈME ÉDITION ALLEMANDE)
ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE

PAR

E. MÉRIJOT,
ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
DIRECTEUR DES SUCRERIES DE BOURDON (PUY-DE-DOME)

ET

J. GAY-LUSSAC,
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES SUCRERIES DU VICE-ROI D'ÉGYPTE.

AVEC 200 FIGURES DANS LE TEXTE.

TOME PREMIER.

PARIS,
LIBRAIRIE F. SAVY,
24. RUE HAUTEFEUILLE 24.

1874.

PRÉFACE

DE LA PREMIÈRE ÉDITION FRANÇAISE.

De toutes les grandes industries, celle du sucre est, sans contredit, une des plus intéressantes par l'importance des intérêts auxquels elle se rattache, en même temps qu'une des plus complexes. Le fabricant de sucre de betteraves doit être à la fois: agriculteur, pour obtenir la matière première dans les meilleures conditions; — chimiste, pour appliquer aux produits en cours de fabrication les traitements les plus avantageux et les plus rationnels; — mécanicien, pour installer ou entretenir en bon état son matériel, modifier au besoin son outillage. Et, dans chacune de ces branches, il doit posséder et des connaissances approfondies, et une expérience certaine, car chaque jour amène de nouveaux problêmes, soulève de nouvelles difficultés qu'il faut résoudre sous peine de déchéance.

Il semblerait donc que l'industrie du sucre, plus que toute autre, dût avoir des traités spéciaux et techniques. Or, au moins en France, il n'en est rien jusqu'ici. Peut-être la cause en est-elle due à la difficulté même d'un sujet aussi vaste, à la somme de connaissances qu'il réclame d'un auteur.

Le peu d'ouvrages publiés sur le sucre de betteraves en France remonte déjà à une date éloignée et,

malgré des qualités réelles, n'est plus à la hauteur d'une industrie sans cesse en progrès. Quelques autres ouvrages, écrits à des points de vue spéciaux, ne fournissent au fabricant que des données insuffisantes sur les questions du travail journalier de l'usine.

Nous avons donc cru que les fabricants accueilleraient avec intérêt une publication destinée à combler une lacune que tous ont constatée, et c'est dans cette idée que nous avons entrepris la traduction du Traité de Fabrication et Raffinage du sucre de betteraves, de M. Walkhoff.

Pour quiconque s'est occupé de l'industrie du sucre, le nom seul de l'auteur est un sûr garant de la valeur de son œuvre. L'ouvrage de M. Walkhoff est considéré, en Allemagne, comme le traité le plus complet et le plus autorisé publié sur la fabrication. Trois éditions ont été épuisées en quelques années, et bien que la dernière ne date que de deux ans, une nouvelle édition est devenue nécessaire.

La raison de ce succès est facile à comprendre. M. Walkhoff s'est, depuis longues années, exclusivement occupé de la fabrication du sucre. Chargé de diriger les usines les plus importantes, il a acquis, sur toutes les questions pratiques, l'autorité que donne une longue expérience personnelle. En même temps, ses connaissances étendues en chimie et en mécanique lui ont permis de traiter à fond les diverses questions d'outillage, de se prononcer sur chacune des nombreuses méthodes de fabrication successivement adoptées par la pratique.

Le traité de fabrication et de raffinage du sucre que nous publions aujourd'hui constitue donc pour le

fabricant un guide indispensable pour ses opérations journalières, pour le chimiste et l'ingénieur une source précieuse de renseignements.

Nous espérons d'ailleurs qu'il aura encore, en France, une autre utilité. Une partie des perfectionnements introduits, dans ces vingt dernières années, dans le travail de nos usines, sont originaires d'Allemagne, et, sur beaucoup de points, nous avons encore à profiter de ce qu'on fait nos voisins. Il est donc tout spécialement utile de pouvoir trouver, dans un ouvrage détaillé, toutes les données relatives à ces questions.

En préparant l'édition actuelle, l'auteur a tenu à la revoir entièrement. La dernière édition allemande ne datait que de 1867, et cependant, depuis cette époque, les progrès incessants de l'industrie motivaient des additions nouvelles. Plusieurs chapitres importants ont donc été ajoutés par l'auteur, et donnent à l'édition présente un intérêt tout spécial.

Notre rôle de traducteur devait se borner à rendre aussi fidèlement que possible les idées de l'auteur. C'est ce à quoi nous avons mis tous nos soins. Nos études personnelles sur la fabrication nous avaient déjà préparé à cette tâche; l'appui bienveillant et les conseils éclairés de plusieurs fabricants nous ont en outre été d'un précieux secours, et nous exprimons ici nos remercîments à ceux de nos amis qui ont bien voulu nous prêter leur aide.

Nous devons également témoigner toute notre reconnaissance à M. Walkhoff qui, malgré d'incessantes occupations, n'a pas reculé devant le travail d'une révision complète de son œuvre et d'une nouvelle gravure de toutes les figures intercalées dans le texte.

Ses peines d'ailleurs, comme les nôtres, seront amplement récompensées si l'œuvre que nous dédions aux fabricants français peut contribuer aux progrès d'une industrie pour laquelle le passé répond de l'avenir.

Paris, le 15 Décembre 1869.

E. M.

PRÉFACE
DE LA DEUXIÈME ÉDITION FRANÇAISE.

La première édition de cet ouvrage a été épuisée en quelques mois. Cet accueil favorable nous imposait le devoir, en préparant une seconde édition, de ne rien négliger pour maintenir ce traité au niveau des progrès incessants de l'industrie sucrière. Nous espérons avoir rempli cette tâche.

En dehors des importantes modifications et des additions faites par l'auteur, M. Walkhoff, dans sa dernière édition allemande, nous avons, sur nombre de points, ajouté les renseignements plus particulièrement applicables à la sucrerie française ou les détails techniques des opérations les plus importantes. Ces changements qui nous sont personnels sont indiqués dans le corps de l'ouvrage par des crochets placés au commencement et à la fin des articles ajoutés.

20 Janvier 1874.

E. Mérijot. J. Gay-Lussac.

HISTORIQUE.

Le sucre parait avoir été connu et employé depuis une époque très reculée: les Grecs et les Romains recueillaient déjà "une sorte de miel sur les feuilles d'un roseau," (Dioscoride, 41 ans après J. C.); les Indiens buvaient "le jus sucré d'un roseau," et, suivant Humboldt, les Chinois savaient, à une date peut-être plus éloignée encore, extraire de la canne le sucre qu'elle renferme, car on retrouve sur des porcelaines très anciennes l'indication de leurs procédés de fabrication. Les médecins du temps de Néron et de Trajan, (Pline le jeune, 98 ans après J. C.), désignent le sucre sous le nom de "sel indien" qui, "semblable au sel ordinaire comme forme et comme couleur, a la saveur du miel." Nous trouvons donc dès cette époque le sucre employé sous des formes diverses, soit à l'état solide, soit en sirop, comme un moyen de médication précieux, ou comme une nourriture généreuse et fortifiante. Ce sont les propriétés que, de nos jours encore, on lui attribue; en Amérique, les noirs, occupés à la récolte de la canne, retrouvent, dit-on, dans son jus, leurs forces et leur santé.

Faut-il s'étonner après cela si le sucre, dans lequel la nature a réuni l'utile à l'agréable, est devenu rapidement dans tout l'univers une denrée de consommation générale, et si, dans la plupart des pays, on s'est activement occupé des moyens d'en perfectionner la production?

Grâce aux progrès de la culture qui, habituant insensiblement l'homme à de nouveaux besoins, excitent par là même ses recherches et son esprit d'invention, la production du sucre s'est acclimatée dans presque tout les pays, à tel point qu'aujourd'hui, l'on pourrait apprécier l'état de l'agriculture dans une contrée presque aussi sûrement à la quantité de sucre qu'elle produit, qu'au perfectionnement de ses instruments aratoires.

En Europe, le sucre semble avoir été connu à la suite des Croisades, et, chose remarquable, ces guerres de destruction auraient ainsi déposé le germe d'une industrie que la paix devait, de nos jours, si puissamment développer. Venise, dont les flottes sillonnaient les mers, chargées des produits commerciaux de l'univers entier, obtint, dès le XI[e] siècle, les premiers échantillons de sucre. Plus tard, ce fut encore un Vénitien qui trouva le moyen de raffiner ce produit, et de le livrer à la consommation sous la forme plus parfaite qu'il a conservée de nos jours encore.

La canne à sucre parait avoir été plantée en 1148 dans l'île de Chypre et en Sicile. C'est de là que, vraisemblablement, cette culture se propagea sur les côtes d'Andalousie, puis à Madère, et en 1506 dans les Indes. Déjà, en 1597, une raffinerie aurait été établie à Dresde; au commencement du XVII[e] siècle, Angelus Sala indiquait dans sa Saccharologie l'emploi du lait de chaux et de l'albumine pour le raffinage (Knapp). C'est de cette époque aussi, que datent les premières descriptions écrites de la fabrication, et on est en droit de supposer que les méthodes techniques pour purifier le sucre étaient déjà assez avancées, car le nom et le mode de préparation du sucre Candi se trouvent dès 1595 dans l'alchimie de Libavius (Knapp).

Le sucre dont il a été question jusqu'ici était exclusivement retiré soit de la canne à sucre indienne, soit de ses variétés. C'est en 1747, seulement, que l'habile chimiste allemand Marggraf, publia ses recherches sur la présence du sucre dans diverses racines, et notamment dans la betterave.

L'art de retirer le sucre de la betterave, art qui fait l'objet de ce traité, est donc une découverte du Nord, et particulièrement une découverte allemande. Ce ne fut pas le fruit d'un hasard aveugle, car cette fabrication exigeait des manipulations autrement complexes que le traitement de la canne. Tandis que la plante indienne, mûrie sous le ciel des tropiques, aidée par une nature puissante, offrait pour ainsi dire d'elle-même et sans frais, à l'homme encore barbare, un jus sucré presque pur, il fallut, pour extraire le sucre de la betterave, le concours plus lent, mais plus assuré, de la réflexion, du travail soutenu, de la prévoyance éclairée de l'homme du Nord luttant contre un climat moins favorisé.

Néanmoins, la découverte de Marggraf ne passa pas immédiatement dans la pratique. C'est à son disciple, Charles François Achard, que revient l'honneur de cette application. Achard étudia les différentes plantes qui croissent sous le climat de l'Europe, au point de vue spécial de l'extraction du sucre, et, le premier, il eut le mérite de produire cette matière pratiquement et en grandes quantités. — Grâce à l'assistance du roi, il monta, en 1796 une usine d'essai sur les terres de Connern près de Steinau sur l'Oder. Le succés fut tel pour l'époque, que le chevalier de Koppy construisit immédiatement une seconde fabrique à Krain près de Strehlen. Cet exemple fut suivi par Nathusius à Althaldensleben. En Bohème également, des fabriques de sucre étaient installées dès 1802. Nous trouvons la déscription exacte de la fabrication du sucre indigène à cette époque, dans un ouvrage d'Achard, intitulé "la fabrication européenne du sucre de betteraves." Tout ce qui touche à la culture, au sol, aux engrais, au choix des variétés de plantes les plus avantageuses, est traité, pour cette periode de 1799 à 1812, avec un développement et une clarté remarquables, et, il nous faut bien le reconnaitre, les successeurs d'Achard n'ont pas fait faire à ces questions importantes les progrès que pouvait nous laisser espérer l'avancement des sciences naturelles: la sucrerie de betteraves, née avec le siècle, est encore loin de la perfection qu'elle peut atteindre. Nous devons donc un

large tribut d'éloges au savant allemand qui put, dès cette époque, écrire un pareil ouvrage; mais ce que nous devons encore plus admirer, c'est le caractère et l'honneur d'Achard: d'après le prince Louis Napoléon, (page 171 de son ouvrage), une somme de 150,000 francs fut offerte à Achard, sous le voile de l'anonyme, par les Anglais, pour étouffer à ses débuts, et presque à sa naissance, l'industrie sucrière; Achard rejeta cette proposition. En 1802, on offrit de nouveau à l'inventeur 600,000 francs, s'il voulait publier un ouvrage dans lequel il établirait que son enthousiasme pour la fabrication qu'il avait fondée l'avait entraîné trop loin, que l'expérience en grand avait renversé ses espérances, basées sur des recherches de laboratoire. Achard se borna simplement à repousser cette offre à laquelle il ne fait même pas allusion dans ses écrits. La patrie d'Achard a donc le droit de s'enorgueillir de trouver tant d'honneur uni à tant de savoir chez celui qui créa une industrie aujourd'hui européenne. — Si nous nous sommes laissé entrainer à citer ce fait, que le lecteur nous le pardonne, mais on ne trouve ces détails cités que dans l'ouvrage auquel nous les empruntons, et ils méritaient certainement une place spéciale dans l'histoire de l'industrie dont nous nous occupons.

Revenons maintenant aux développements de la sucrerie indigène dont le premier essor donnait déjà de si vives alarmes aux propriétaires des colonies. Grandissant rapidement, comme un enfant prédestiné, l'industrie nouvelle s'étendit bientôt en France, en Allemagne, en Russie. Aussi les Anglais revinrent à la charge, et, reprenant la même tactique, decidèrent Humphrey Davy, (voir l'ouvrage du prince Louis Napoléon, page 171), à écrire une brochure dans laquelle il affirmait que le sucre de betteraves était trop amer pour la consommation. Le "Traité de chimie agricole" n'empêcha pas les habitants d'Allemagne, de France et de Russie, d'apprécier, malgré son amertume, le sucre nouveau. Pendant tout le temps où Napoléon maintint le blocus continental, le sucre des colonies ne pouvait pénétrer sur le continent, il fallut donc forcément produire dans le Nord la denrée dont jusque là les pays chauds

avaient eu le monopole exclusif; d'ailleurs, la sucrerie indigène trouva auprès des souverains une protection puissante. Le 29 Mars 1811, sur l'ordre de l'Empereur Napoleon Ier, 32,000 hectares furent livrés à la culture de la betterave, et un million de francs distribués à titre d'encouragement, (Louis Napoléon, page 170). A la même époque, en Prusse, le roi soutenait pécuniairement, comme nous l'avons dit plus haut, le fondateur de l'industrie nouvelle. En Russie, le général Blankennagel avait fondé une fabrique dans le gouvernement de Toula, au village d'Akabef, et avait reçu de l'empereur de Russie un don de 50,000 roubles en assignats. De plus, un ukase assurait des terrains libres de toute redevance à quiconque établirait des fabriques de sucre.

L'Allemagne avait été le berceau de l'industrie sucrière; elle avait vu s'établir sur son sol les premières fabriques: — Une usine d'Augsbourg apportait, en 1810, sur le marché, 10,000 kg. de sucre, et à Battendorf (Saxe), une fabrique dirigée par Lampadius était en pleine activité. — Cependant, dans les années qui suivirent, les Allemands semblèrent négliger cette branche de production. C'est à la France que revient l'honneur d'avoir repris la voie qu'on abandonnait, et de l'avoir poursuivie avec le plus brillant succès. Protégée par le gouvernement impérial, la fabrication du sucre commença à prendre un essor puissant. Napoléon Ier pourrait à juste titre être nommé le second père de l'industrie de la betterave, et il mérite à cet égard toute notre reconnaissance. Des encouragements de toute nature soutenaient les recherches des savants français: le 2 Janvier 1812, Benjamin Delessert recevait la croix de la légion d'honneur comme récompense de ses travaux, des prix nombreux, des faveurs de toute sorte, entretenaient l'élan de l'industrie.

Le 3 Avril 1811, Descostils publiait en France ses travaux sur la défécation par la chaux et sur le procédé par l'alcool, (qui, par suite, et pour le dire en passant, est déjà ancien). Derosne recommandait en même temps l'emploi de la chaux caustique et de l'alun pour déféquer les jus, et indi-

quait les moyens de purifier le sucre par l'alcool. Hermbstaedt repoussait l'alun, et voyait dans la chaux le seul agent que l'on dût employer pour le traitement de la betterave. — Dans un court espace de temps paraissaient en France plusieurs ouvrages sur la sucrerie, notamment ceux de Chaptal, Dubrunfaut, Bazy, Payen, Kuhlmann, Dombasle etc., qui contribuaient tous à perfectionner la fabrication. [Dès 1831, les travaux de Pelouze avaient jeté une vive lumière sur la nature et la composition de la betterave, venant ainsi en aide à l'industrie naissante qui connaissait mal sa matière première, hésitait sur ses procédés, et doutait de sa fortune. Pelouze avait prouvé par des analyses délicates et nombreuses que tout le sucre contenu dans le jus de la betterave était du sucre cristallisable, et que le glucose n'y était formé que par l'altération du sucre primitif. C'est encore lui qui, faisant ressortir l'inégale teneur en sucre des différentes variétés de betteraves, montra que par le choix et la culture des racines riches on peut augmenter dans des proportions considérables la valeur des récoltes et dirigea dans ce sens les efforts de Crespel, Hamoir, Demesmay, Blanquet, agriculteurs éminents dont les noms demeurent attachés à la fondation de la sucrerie indigène.

Enfin, par de nombreuses notes publiées de 1833 à 1838, M. Kuhlmann précisait l'action conservatrice de la chaux sur le jus de betteraves que les expériences de Pelouze venaient de mettre en évidence. Démontrant l'innocuité de l'acide carbonique au point de vue de l'altération du sucre, il en préconisait l'emploi pour précipiter l'excès de base dans les jus déféqués, et, entrevoyant le rôle considérable que l'avenir réservait à cet agent dans l'industrie sucrière, il engageait les fabricants à persévérer dans cette voie malgré les insuccès possibles des premières tentatives.] C'est donc en France que l'industrie du sucre trouvait surtout ses pionniers les plus actifs. Aussi, bien que, suivant Bley (1836), 29 ouvrages sur la fabrication eussent été publiés avant 1815, en Allemagne, bien que ce pays eût créé les premières usines, l'industrie du sucre indigène fut presque exclusivement soumise à l'influence française,

de 1812 à 1836. La découverte des propriétés décolorantes des charbons, notamment du noir animal, l'application qui en fut faite au traitement des jus, avaient eu comme conséquence une notable amélioration des produits. Tandis que, jusque là, on n'obtenait souvent que 2% de sucre, que le rendement de 3% était considéré comme très beau, le produit s'éleva rapidement à 5 et 6%. Le choix de betteraves de bonne qualité était essentiel, et ce fut sur ce point que portèrent naturellement les premiers efforts. Aussi, trouvons-nous cette question amplement traitée dans tous les anciens ouvrages. Plus tard, l'outillage mécanique fit de rapides progrès, notamment en ce qui concerne le râpage des betteraves et l'extraction du jus. Aujourd'hui, ce sont les questions chimiques qui peuvent amener de nouveaux perfectionnements, ce sont elles dont il importe de poursuivre l'étude.

Presque toutes les fabriques avaient été montées pendant le blocus continental. A la chûte de ce régime prohibitif, le sucre des colonies se présenta de nouveau sur les marchés d'Europe comme un concurrent redoutable: les prix élevés faiblirent, et les fabricants durent chercher à élever le rendement, à simplifier leurs méthodes, à perfectionner leurs procédés, s'ils ne voulaient voir tomber leur industrie. Ils surent lutter contre les circonstances défavorables des temps, et triompher enfin, grâce aux ressources d'un esprit observateur, inventif et persévérant, et c'est dans la même voie qu'il nous faut rester aujourd'hui, si nous voulons échapper aux dangers nouveaux qui nous menacent. Malgré la levée du blocus continental, malgré le prix désastreux du sucre, la fabrication sut se maintenir et grandir encore. [La production de la France, qui n'était que de quatre millions de kilogrammes en 1829, atteignait successivement 40 millions en 1835, puis 50 millions en 1858: aujourd'hui, 487 fabriques travaillent dans le même pays, et leur production se chiffre par 400 millions de kilogrammes. Il n'est pas sans intérêt de suivre la marche progressive de l'impôt dans la même période: cet impôt qui était de 10 francs par 100 kil. en 1836 fut porté rapidement à 15 francs puis

à 25 francs en 1840; en 1847 la taxe sur le sucre indigène devenait égale au droit colonial. La loi de 1851 fut un progrès, elle amenait l'impôt à la consommation, mais dès 1852 les choses furent remises en l'état, et une détaxe fut même accordée aux colonies tandis que le sucre indigène était frappé d'un droit de 54 francs: toutefois, le 20 mai l'impôt fut remis à 30 francs. Mais depuis, des décimes successifs ont porté la taxe à 67 fr. 50 c. et 70 f. 50 c. pour les poudres blanches et les raffinés.]

Cette industrie qui, au commencement du siècle, sortait à peine de terre, avait donc prospéré. Semblable au début à ces plantes de serre étiolées et malades que fatigue chaque orage, elle avait su néanmoins grandir et se fortifier. L'arbuste était devenu un arbre capable de résister aux plus violentes tempêtes et sur lequel on pouvait fonder de nouvelles espérances. Aujourd'hui, robuste comme le chêne, la sucrerie étend ses rameaux du sud de la France à la Sibérie, de la Suède à l'Italie: l'orage et les combats n'ont fait que la rendre et plus grande et plus forte.

Du reste, pour apprécier le développement qu'a pris la fabrication du sucre de betteraves, il suffit d'examiner le chiffre de la production dans les différents pays de l'Europe. Nous avons résumé dans le tableau qui suit les données les plus récentes que nous ayons pu recueillir à ce sujet:

	Nombre de fabriques.	Poids des betteraves travaillées. Kilog.	Quantité de sucre produite. Kilog.	Indication de la campagne.
France	487	—	400,000,000	1872 — 73
Allemagne	304	3,050,645,600	260,000,000	1872 — 73
Russie	318	2,140,000,000	} 150,000,000	1872 — 73
Pologne	—	—		
Autriche	220	2,135,000,000	205,000,000	1872 — 73
Belgique	117?	—	80,000,000	1872 — 73
Hollande	29	—	—	—
Suède	6	—	—	—
Italie*	2	20,000,000	} 35,000,000	1872 — 73
Angleterre	1	—	—	—
Amérique	2	—	—	—

Pour revenir à l'historique de l'industrie sucrière, on voit, d'après les chiffres cités plus haut que, de 1812 à 1835, notre industrie avait pris en France un développement considérable, grâce aux soins dont on sut l'entourer; ces progrès appelèrent de nouveau sur elle l'attention de l'Allemagne. Le Docteur Krause en 1834, Schubarth en 1836, vinrent, le premier d'Autriche, le second de Prusse, étudier en France les progrès et l'état de la fabrication. A la suite de ces voyages, et grâce aussi à l'influence de la presse, de nouvelles fabriques s'élevèrent en grand nombre en Allemagne, et, sans se laisser décourager par plusieurs essais malheureux, l'industrie sucrière devint bientôt assez puissante pour n'avoir plus besoin de protection. Bien plus, on put exiger d'elle des impositions spéciales.

Sur 100 Kilogrammes de betteraves, les impôts s'élevèrent en Allemagne:

En	1840	à	0 f.	06 c.
„	1841	„	0 „	12 „
„	1844	„	0 „	36 „
„	1850	„	0 „	72 „
„	1853	„	1 „	44 „
„	1858	„	1 „	80 „
„	1869	„	1 „	92 „

Le montant de l'impôt s'est donc élevé comme on le voit jusqu'à la valeur même de la matière première, et, dans presque tous les pays, quelle que soit sa forme, il atteint la même proportion. [Malgré ces entraves, la production du sucre de betterave en Europe n'a cessé d'augmenter dans des proportions considérables, et il suffit, pour se rendre compte de cette progression, de jeter les yeux sur le tableau suivant qui permet de comparer les résultats des cinq dernières campagnes.]

	1872—73	1871—72	1870—71	1869—70	1868—69
France. Tonnes . . .	400,000	330,000	289,083	289,324	213,904
Zollverein	260,000	182,500	262,987	217,192	208,140
Autriche-Hongrie . . .	205,000	162,500	182,280	151,354	101,602
Russie et Pologne . .	150,000	90,000	135,000	132,500	87,500
Belgique	80,000	75,000	55,739	43,552	37,078
Hollande etc.	35,000	25,000	17,500	12,500	10,000
Totaux:	1,130,000	865,000	942,589	846,422	658,224

Toutefois, la fabrication a besoin de déployer toutes ses ressources pour lutter avec avantage, et sous ce rapport, si grands que soient ses progrès dans les dix dernières années, elle est encore loin d'avoir atteint la perfection. Si nous considérons le taux pour cent de sucre que l'on retire pratiquement de la betterave, et si nous le comparons à la proportion réelle que l'analyse nous révéle dans la plante, nous verrons combien il nous reste à faire pour réduire l'écart à son minimum: obtenir dans la pratique les résultats de la théorie, tel est en effet le problème de toute industrie, c'est le but vers lequel nous devons tendre également.

L'esquisse historique qui précède peut offrir quelque intérêt pour l'homme qui cherche à s'instruire, mais elle doit surtout servir à exciter le zèle de tous ceux qui s'occupent de sucrerie. En revoyant le chemin déjà parcouru, nous trouverons plus courte la distance qui nous sépare encore du but. Déjà, l'accroissement de production dans chaque usine a notablement augmenté le produit net. Aujourd'hui, les fabriques allemandes travaillent en moyenne huit millions de Kilogrammes chaque année, tandis qu'en 1848 leur consommation n'atteignait que 3,400,000. En France où l'on s'est attaché surtout à étendre dans des proportions considérables les quantités de matière première mises en œuvre, il n'est déjà plus rare de voir des usines traitant 60 et 80 millions de Kilogrammes de betteraves. La fabrication s'est donc largement développée dans ces dernières années. Du reste, si l'industrie du sucre a rencontré d'abord en France, et en particulier jusqu'en 1836, les circonstances les plus favorables, l'Allemagne depuis cette date, n'est pas restée en arrière. Schatten, Schutzenbach, et bien d'autres, ont puissamment contribué à ces progrés.

Livre I.

PRODUCTION DES BETTERAVES.

Chapitre I.

Le Sol et sa préparation.

Le sol sur lequel croissent les plantes exerce sur leur développement une influence capitale. Ainsi, pour beaucoup de celles qui poussent à l'état sauvage, leur présence en un point donné suffit pour révéler d'une manière assurée la constitution élémentaire du sol à cet endroit. Les végétaux ont en effet besoin, pour constituer leur organisme, de combinaisons chimiques parfaitement définies, et les éléments de ces combinaisons doivent se trouver dans le sol. Tel est, par exemple, le rôle du plâtre, de la chaux, des phosphates ou des autres sels minéraux. On doit donc comprendre sous le nom de sol et étudier en même temps la série des conditions nécessaires à la végétation. Le sol n'est pas seulement un milieu dans lequel la plante étend ses racines et trouve son point d'appui; c'est aussi, et principalement, la source directe de sa nourriture, car il lui fournit les éléments inorganiques dont elle a besoin pour se développer, comme la silice, la chaux, la potasse. Si donc l'on veut assurer au végétal sa croissance normale, il importe de lui fournir dans le sol tous les éléments qui lui sont essen-

tiels; on pourrait d'ailleurs citer à ce sujet une nombreuse série d'observations: suivant Liebig, (Lettres sur la chimie, page 173), un arbre qui jusque-là n'avait donné que des amandes amères produisit des amandes douces par le simple effet de la transplantation. C'est assurément un des exemples les plus intéressants de l'influence qu'exerce sur la vie des végétaux la constitution variable du sol. C'est à cette même cause qu'il faut attribuer les variations dans la qualité et la quantité des betteraves récoltées sur des terres différentes.

Comme tous les fabricants de sucre le savent, certains sols donnent en grande quantité de bonnes betteraves qui se laissent facilement travailler à l'usine. D'autres terres donnent encore de bons produits, mais en petite quantité; certaines enfin donnent beaucoup de betteraves, mais ces betteraves sont si mauvaises que leur travail cesse d'être rémunérateur. On est donc naturellement conduit à se poser cette question: quelles conditions doit remplir le sol pour livrer de bonnes betteraves? Mais le problème est plus facile à énoncer qu'à résoudre. Si l'on se contente des définitions générales que l'on donne d'habitude: le sol doit être doux au toucher, chaud, actif, sans pierres, perméable, analogue aux terres à blé de 1ère classe; c'est en vain qu'après un demi-siècle d'expériences, on cherchera une analyse exacte qui puisse caractériser une bonne terre à betteraves. Et cependant, il ne semblerait pas qu'il fût difficile d'y arriver. Il suffirait en effet, dans tous les pays, d'analyser les échantillons des terres qui, entre toutes, donnent les meilleures betteraves. En même temps, on pourrait étudier au même point de vue les sols qui produisent des betteraves impropres à la fabrication. En comparant un grand nombre de ces résultats, on pourrait peut-être mettre en évidence les propriétés chimiques, physiques ou météorologiques du sol, essentielles à la plante qui nous occupe.

Mais jusqu'ici, il faut bien le reconnaître, même avec la meilleure analyse d'un sol, nous sommes hors d'état de rien conclure sur la qualité des betteraves qu'il peut produire. Nous n'avons qu'un moyen d'apprécier d'une manière certaine la

valeur d'une terre à ce point de vue: c'est l'expérience pratique. Que l'on sème des betteraves, et que l'on voie si elles sont riches en sucre.

L'action du sol peut tenir soit à sa composition chimique, soit à ses propriétés physiques.

La constitution chimique a une très-grande importance: le sol peut en effet contenir en grande quantité de sels solubles qui sont ensuite absorbés par la betterave, et rendent plus difficile la séparation du sucre. On a d'ailleurs reconnu que la betterave emprunte à la terre plus ou moins de sels suivant qu'elle y trouve ces éléments à l'état de dissolution plus ou moins concentrée. D'autre part, la betterave semble absorber spécialement, lorsqu'ils existent dans le sol, certains sels qui ne sont pas indispensables à sa végétation; ainsi le salpêtre. Une terre salpêtrée donnera des betteraves riches en salpêtre, tandis que cet elément ne se retrouve pas dans les racines récoltées sur un sol plus convenable. C'est du reste un phénomène semblable qui détermine dans le noyau des amandes la présence de l'amygdaline: ce principe n'est dû qu'à l'emplacement accidentel de l'arbre. A ce titre, on ne devra donc jamais considérer comme bon pour la betterave un sol qui contiendrait du salpêtre. Les combinaisons du chlore paraissent également exercer une action fâcheuse.

Grouven donne, comme moyenne de onze analyses, les chiffres suivants:[1] Ils peuvent représenter approximativement la quantité des éléments principaux qui doivent se trouver dans un sol normal et bon pour la culture.

1000 parties contiennent:

Sels minéraux solubles	114,88	
Humus	70,37	avec 1,55 d'Azote (!)
Potasse	2,10	
Soude	1,39	
Chaux	18,06	

1) Journal de l'association allemande, tome XI, page 211.

Magnésie		3,26
Oxydes de fer, de manganèse, alumine		53,69
Acide phosphorique		1,66
Acide sulfurique		0,36
Chlore		0,05
Extrait aqueux	Substances minérales	0,61
	Humus	0,44

Le même chimiste a analysé 9 échantillons prélevés en Prusse dans la province de Saxe sur des terrains consacrés à la betterave, savoir: Schiepzig, Salzmunde, Quillschina, Besenstedt, Schwittersdorf, Friedeburgerhöhe, Galgenberg, Benkendorf, Dölitz. Si l'on prend la moyenne de ces neuf analyses, on arrive, pour 1000 parties, aux chiffres suivants:

	Moyenne.	Maximum.	Minimum.
Sable et argile	806,7	866,4	770,8
Matières minérales solubles	132,0	195,4	99,2
Humus	39,8	48,5	34,4
Les matières minérales contenaient:			
Potasse	5,93	11,83	2,33
Soude	3,86	10,14	0,60
Chaux	14,57	31,42	4,07
Magnésie	5,47	10,16	0,69
Oxyde de fer	29,75	34,59	22,10
Oxyde de manganèse	0,92	1,72	0,25
Alumine	42,40	60,47	26,08
Acide sulfurique	0,63	1,54	0,29
Acide phosphorique	0,76	1,50	0,31
Acide silicique	43,87	68,75	17,49
Acide carbonique	6,72	20,59	0,10
Chlore	0,214	0,799	0,007
Azote total	1,025	1,258	0,780
Quantités dissoutes dans quatre fois le poids d'eau froide — Sels minéraux	0,804	2,016	0,472
Quantités dissoutes dans quatre fois le poids d'eau froide — Matières organiques	0,371	0,976	0,168
Pouvoir absorbant pour l'eau	53	64,2	42,7

On voit, d'après les chiffres des deux dernières colonnes, qu'un sol peut avoir des compositions très-variables, tout en restant propre à la culture des betteraves. D'autre part, en comparant la moyenne avec les résultats d'analyse donnés ci-dessus pour un sol normal, on reconnait que les deux compositions se rapprochent surtout par la proportion d'acide phosphorique.

On a analysé, en 1858, un échantillon de terre à betteraves prélevé à Schlanstadt. Il contenait sur 100,000 parties:

	Couche superficielle.	Sous-sol.
Matières inorganiques extraites par l'eau froide . . .	42	32
— organiques	26	8
	68	40
Composition : Calcaire	590	3,690
Acide phosphorique	67	63
Corps organiques (humus)	5,300	3,800
Azote	99	58

J'ajouterai ici les analyses de terres reconnues fertiles et parfaitement propres à la culture de la betterave. Ces terres s'étendent avec la même nature sur une grande partie de la Russie méridionale: Terre noire (Tschernosem). D'après Demidoff, cette couche règne sur une superficie de 60,000 milles géographiques carrés, et sur une épaisseur variable de 0^m 30 à 2^m 60.

	Petzholdt.			Schmidt.				Payen.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Perte en poids par la dessiccation à 120°	18,18	9,48	8,28	12,16	8,29	5,75	8,62	6,95
Teneur en azote de la terre après dessiccation à 120° .	0,77	0,33	0,30	0,99	0,45	0,30	0,48	0,17
Sur 100 parties de terre desséchée, l'acide chlorhydrique donne { matières dissoutes	18,15	20,59	12,0	6,23	5,94	5,15	7,27	14,82
Sur 100 parties de terre desséchée, l'acide chlorhydrique donne { résidu insoluble . .	81,85	79,41	88,0	93,77	94,06	94,85	92,73	85,22
Les 100 parties de terre desséchée contiennent: Solubles dans l'acide chlorhydrique								
Chlore	0,007	0,01	0,01	—	—	—	—	—
Acide sulfurique .	0,26	0,10	0,09	—	—	—	—	—
Acide phosphorique	0,34	0,18	0,18	0,07	—	—	0,12	—
Chaux	2,34	4,45	0,88	0,78	0,49	0,24	0,88	0,88
Magnésie . . .	0,82	1,37	0,58	0,52	0,23	0,18	0 56	1,05
Oxydes de fer et de manganèse .	9,89	10,79 }	9,36	2,86	2,37	2,96	3,14	6,05
Alumine	1,11	1,18 }		1,09	2,39	1,80	1,34	5,41
Potasse	2,32	1,33	0,63	0,21	0,27	0,31	0,25 }	0,82
Soude	0,87	0,98	0,43	0,08	0,11	0,12	0,10 }	
Total	18,15	20,59	12,0	6,23	5,94	5,15	7,27	14,82
Insolubles dans l'acide chlorhydrique								
Silice	70,94	72,14	78,18 }					
Oxyde de fer . .	1,51	1,43	1,74 }					
Alumine	4,72	3,96	4,99 }					
Chaux	0,26	0,64	0,48 }	93,77	94,06	94,85	92,73	85,22
Magnésie . . .	0,13	—	—					
Potasse	3,49	1,50	3,08					
Soude	1,44	0,77	1,58					
Total	81,85	79,41	88,0	93,77	94,06	94,85	92,73	85,22

Gouvernement de Tambow {

№ I Terre noire fumée, dans laquelle on cultive le chanvre, l'œillet, la pomme de terre, etc.

№ II Terre de prairie, prélevée à une profondeur que n'atteignent pas les racines.

№ III Sol fumé, cultivé par assolements triennaux, de mémoire d'homme.

Gouvernement d'Orel.

№ IV	Sols non encore cultivés: les échantillons ont été pris à diverses profondeurs, savoir: le № IV immédiatement sous le gazon, le № V 18 centimètres (4 Werschoeck) plus bas, enfin le № VI immédiatement au-dessus du sous-sol.
№ V	
№ VI	
№ VII	Terre sans engrais.
№ VIII	L'auteur ne donne aucun renseignement particulier.

J'ajouterai ici quelques analyses de terre noire faites récemment par le docteur Schmidt à Dorpat. 100 Kilog. de terre séchée à l'air contenaient:

	Dans les gouvernements de			
	Tula.		Saratof.	
	I	II	I	II
Eau	6,298	6,378	2,807	2,540
Substances organiques	7,536	10,542	15,176	12,592
Éléments minéraux	86,166	83,080	82,017	84,868
Potasse	2,364	1,756	2,470	2,660
Soude	0,152	0,266	0,720	0,339
Chaux	0,866	1,052	1,608	1,407
Magnésie	1,332	1,372	1,398	1,449
Oxyde de fer	3,995	3,880	5,514	6,586
Oxyde de manganèse	0,068	traces	traces	traces
Alumine	12,320	9,904	13,154	12,846
Silice (traces d'acide Titanique)	25,415	18,756	33,414	31,482
Acide sulfurique	0,044	0,059	0,106	0,089
Acide phosphorique	0,029	0,019	0,029	0,030
Sable quartzeux	39,568	46,004	23,601	27,968
Sulfure de fer (pyrite)	0,013	0,012	0,012	0,012
Azote	—	—	0,446	0,363
Azote °/₀ de substances organiques	—	—	2,939	2,883

Tout récemment, le même chimiste a étudié des terres de Podolie qui sont connues comme produisant de bonnes betteraves: sur 100 parties de terre séchée à l'air l'analyse a donné:

	Terre de Mohilna près Balta.	Terre de Kalinofska près Vinitska.
Eau perdue jusqu'à 170°	5,357	5,256
Substances organiques	7,963	6,207
Éléments minéraux	86,680	88,537
Acide carbonique	—	1,28
Potasse	1,803	2,047
Soude	0,674	0,914
Chaux	1,154	1,930
Magnésie	0,982	1,101
Oxyde de fer	3,992	2,837
Alumine	13,076	9,974
Silice α soluble	17,366	72,699 (α, β, γ)
Silice β insoluble	33,152	
Silice γ sable quartzeux	15,323	
Sulfure de fer	0,026	—
Acide sulfurique	0,029	traces
Chlore	0,004	traces
Acide phosphorique	0,081	0,093
100 p. de terre absorbent en eau	79,490	66,840
Azote	0,280	0,234
Azote % de substances organiques	3,516	3,594

Je ferai observer ici que les betteraves de Mohilna donnent des jus très purs: les betteraves de Kalinofska avaient en 1872, d'après une analyse de Weiler, de Prague, la composition suivante:

Densité du jus	1,0783 =	18,886 % Balling.
Teneur en sucre		16,64 %.
Différence		2,246
Sels de Potasse et Soude		0,521
Autres éléments minéraux des cendres		0,458
Substances organiques		1,267
		2,246

Mais, en résumé, toutes ces analyses ne sauraient fournir de renseignement bien précis sur la valeur d'un sol pour la

culture de la betterave, et c'est un problème qui demeure réservé pour l'avenir. [En ce qui concerne l'influence exercée sur la betterave par la nature minéralogique et géologique du sol, on peut dire, d'une manière générale, qu'un sol formé de débris de roches granitiques ou volcaniques, comme le plateau central de la France, n'est pas favorable au rendement en sucre. Au contraire, la betterave à sucre réussit très bien dans les sols formés par le limon des plateaux, et par les dépôts que les géologues désignent sous le nom de *Lehm* ou *Loess,* dépôts diluviens dont la Vallée du Rhin est le type. Ils consistent en argiles plus ou moins sablonneuses qui, dans les plateaux, ne contiennent pas toujours du Carbonate de Chaux: la Picardie, l'Artois, les environs de Paris sont constitués par de tels dépôts. C'est dans ce limon argilo-sablonneux des plateaux que l'on obtient les meilleurs résultats.] Peut-être une des grandes difficultés de la question réside-t-elle dans ce fait que l'analyse ne peut révèler que les quantités de matières contenues dans le sol au moment de l'expérience. Elle ne saurait indiquer les proportions de ces matières sous forme assimilable qu'a pu trouver la plante pendant son développement. Or, suivant que ces éléments sont à l'état de dissolution plus ou moins étendue, il en résulte pour la betterave des effets très-différents. On en a la preuve dans les années humides où les pluies abondantes dissolvent une plus grande quantité de matières et les mettent à portée de la racine: la betterave s'assimile plus de sels, et perd notablement de sa qualité pour la production du sucre. C'est un fait assez connu que, sur le même sol, suivant que l'année a été sèche ou pluvieuse, on peut récolter des betteraves dont le rendement en sucre varie de 1 à 1½ %; et pourtant, l'analyse chimique ne ferait ressortir pour les deux cas que de très-faibles différences dans la composition du terrain. Il est cependant des cas où, sur un sol moins chargé de matières salines, on récolte des betteraves qui contiennent plus de sels que dans des terres plus riches en principes minéraux. C'est ce qui arrive notamment lorsque les premières renferment de sels alcalins facilement solubles, (par exemple, du chlorure

de calcium), tandis que dans les autres prédominent des sels moins solubles, comme le sulfate de chaux ou le plâtre.

Cette influence considérable qu'exerce la solubilité plus ou moins lente des principes nutritifs constitue pour la détermination de la valeur des sols à betteraves un obstacle des plus sérieux. Jusqu'ici la science a été impuissante à surmonter cette difficulté. Les seuls points qu'elle ait établis, c'est que le sol doit contenir en quantité suffisante, et sous forme soluble, tous les principes minéraux que l'analyse révèle comme essentiels à la betterave; c'est qu'il faut rendre à la terre, par les engrais, tout ce que lui enlèvent les récoltes successives.

Si importante que soit l'influence exercée par les propriétés chimiques du sol, ses propriétés mécaniques et physiques méritent également toute notre attention.

On distingue dans la pratique les terrains sablonneux, argileux, glaiseux, des sols calcaires, des terreaux, suivant que le sable, l'argile, la glaise, le carbonate de chaux ou l'humus dominent dans le mélange qui forme la couche arable.

Les terres sablonneuses contiennent 90% de quartz divisé (d'après Fleeth).

Les terres argileuses contiennent 60%, et plus, d'argile libre.

Les terres grasses, moins de 60% d'argile.

Les terres sablonneuses à base de glaise contiennent moins de 30% d'argile.

Les terres glaiseuses à base de sable, moins de 20%.

Ces trois dernières natures de terrain sont préférables pour la betterave. Elles sont poreuses et se travaillent facilement: les sols argileux, lourds et compacts, donnent au contraire des mottes difficiles à briser. Il en résulte que les sillons pour les semis se font mal, que le semis lui-même manque fréquemment, enfin, le plus souvent, ces terres argileuses ne donnent que des betteraves de médiocre qualité.

D'après les recherches de Leplay, au 1er Octobre, des betteraves récoltées sur

des terres	argileuses	contenaient	114 grammes
-	sablonneuses	-	114 -

des terres calcaires	117 grammes	
- argilo-sablonneuses	104	-

de sucre, par litre de jus.

Ce sont malheureusement les seules données que nous possédions sur ce sujet.

La chaux se rencontre dans les sols, mélangée au sable et à l'argile, dans les proportions les plus diverses. Ainsi, les terrains peuvent être: argilo-calcaires, marneux, à base de sable et marne, etc. Dans la marne, la proportion de chaux carbonatée atteint souvent jusqu'à 80%, et c'est un point qui intéresse particulièrement la culture de la betterave. L'expérience semble en effet démontrer que, sur les terrains calcaires ou marneux, la betterave est d'une qualité exceptionnelle et donne des jus d'une pureté remarquable. Ce fait offre pour la fabrication une donnée importante, car plus les jus sont naturellement purs, moins il faut d'attention, de travail, ou de dépense, pour les traiter convenablement.

Comme preuve de l'influence favorable qu'exercent les terrains calcaires ou marneux sur la qualité de la betterave, on peut citer les résultats obtenus dans les meilleures fabriques de la Bohême[1]: à Czaslau, Kuttenberg, Neuhof, Philippshof, Radbors, en partie à Ronow, Schleb, Sehuschitz, les terres sont constituées par un terrain doux, mélangé d'argile et de glaise riche en humus, et qui repose sur une couche de marne.

Le domaine de Girna, où l'on récolte de bonnes betteraves, se compose de terres essentiellement calcaires. A Schönhof, le sol est calcaire et marneux.

Dans la Prusse orientale, les terres marneuses de Tippeln produisaient, toutes conditions égales d'ailleurs, les betteraves les plus riches en sucre.

A Schosnitz, près de Breslau, sur les propriétés de mon frère, on obtient des betteraves très-riches sur un sol essentiellement calcaire (marne).

---

1) Voir la fabrication du sucre en Bohême par L. Walkhoff. — 1858. p. 22.

Dans la Russie méridionale, les terres de Smelas avaient la réputation de fournir les betteraves les plus riches, (les jus avaient souvent 10° Baumé et plus), jusqu'au moment où des engrais nouveaux vinrent diminuer ces qualités. Le sol contenait une grande proportion de marne calcaire. Il en est de même en France: Leplay, dans ses recherches publiées en 1861, est d'avis que les betteraves donnent des jus plus riches, sur les terrains calcaires, que sur tous les autres sols. Il a trouvé que, sur les premiers, les échantillons prélevés dans un même champ ont une teneur en sucre sensiblement constante, tandis que, sur d'autres natures de terre, cette teneur varie souvent de 20 à 40%, pour des racines provenant de places très-voisines. C'est du reste ce qu'ont pu constater tous les observateurs attentifs.

On a souvent cherché à expliquer cette action de la chaux, mais sans qu'aucune des explications données soit absolument satisfaisante. La chaux rend un sol plus facile à s'échauffer et plus actif, et certains auteurs admettent que la végétation de la betterave se fait, dans ces conditions, d'une manière plus rapide. Par suite, pour des récoltes faites en même temps, on obtiendrait sur les terrains calcaires des betteraves plus mûres dont le jus serait plus riche et plus pur que sur des terrains dépourvus de chaux. C'est une hypothèse que tendraient à confirmer, comme nous les verrons plus loin, les observations physiologiques. D'après Schübler, si l'on représentait par des chiffres la propriété que possèdent les divers sols de conserver la chaleur, on trouverait:

Sable fortement calcaire . . .	100
- siliceux	95,6
Terre calcaire	74,5
- argileuse	68,4
- à jardin	64,8
Humus	49

(Cosmos XI[e] année, tome 20, 26[e] livraison, page 724).

Ces chiffres confirmeraient sérieusement la théorie précédente.

D'autre part, certains auteurs pensent que le carbonate de chaux active la décomposition des substances organiques et des principes alcalins du sol, comme les feldspaths. Ils expliquent ainsi le développement et la maturité précoces de la betterave, et par suite, la pureté plus grande de son jus. Quelques-uns ont émis l'opinion que l'acide carbonique du calcaire fournissait à la betterave, pendant sa croissance, le carbone essentiel à la formation du sucre. D'autres enfin admettent que la chaux saturerait dans le sol tous les acides qui exercent une influence fâcheuse sur la formation du sucre.

Leplay va plus loin: il prétend avoir trouvé que, dans la partie du sol qui touche immédiatement à la betterave ou à ses radicelles, la proportion de chaux se réduit aux $^9/_{10}$es de ce qu'elle est dans les parties plus éloignées de la plante (?); il en conclut que la betterave a absorbé cet élément qui lui était essentiel, que, par suite, il existe entre la quantité de chaux du sol et la production du sucre de la betterave une relation étroite (?).

Quoiqu'il en soit, cette influence mérite d'être étudiée de plus près, et il est très-regrettable que nous ne possédions pas des expériences nombreuses et comparatives sur la richesse des betteraves récoltées dans des terrains à base d'argile, de glaise, de sable ou de marne.

De semblables recherches présenteraient le plus grand intérêt, et jetteraient sans doute quelque lumière sur les procédés mystérieux de la nature. C'est en effet un fait incontestable que, pendant la végétation, et principalement pendant la maturité, l'abondante formation du sucre dans la betterave est intimement liée à l'action du sol, et que la qualité des betteraves se modifie suivant la nature du terrain sur lequel elles développent.

A la vérité, on entend souvent dire qu'un sol s'améliore par les soins, la culture, et qu'il arrive ainsi à produire des betteraves de meilleure qualité, exactement comme les dessèchements, les drainages, les fortes fumures, changent la flore naturelle d'un pays. Mais, dans ce cas, je demanderai quels seraient

les principes à suivre pour obtenir à coup sûr une betterave plus riche en matière sucrée?

Par malheur, si nous connaissons quelques-unes des conditions accessoires du problème, nous ne savons encore rien des données essentielles qui nous permettraient d'atteindre sûrement ce but désirable, base fondamentale de notre industrie: obtenir une betterave aussi riche en sucre et aussi pauvre en sels que possible. Tant qu'on n'aura pas acquis ces données, tant qu'on n'en aura pas fait sortir avec clarté et certitude toutes leurs conséquences, nous n'aurons, pour nous guider, qu'un empirisme hésitant et borné. C'est sur l'empirisme que devra s'appuyer l'expérimentateur dans ses recherches lentes et incertaines. Dans ces conditions, toute fabrique qui, grâce au hasard ou à un choix heureux, possèdera de bonnes terres à betteraves l'emportera facilement sur les usines rivales, obligées de lutter contre un sol ingrat, exigeant, pour être amélioré, de grands sacrifices, souvent hors de proportion avec le résultat. D'ailleurs, dans l'état actuel de la science, le succès de pareilles tentatives d'amendement est toujours partiel, et, dans tous les cas, n'est rien moins qu'assuré.

La valeur d'un sol à betteraves ne peut donc s'apprécier que par des expériences préalables. Il faut semer la plante et examiner sa valeur pour la fabrication.

Nous connaissons, il est vrai, un certain nombre de conditions dont la réunion influe sur la récolte: la préparation mécanique du sol, son ameublissement, surtout la perméabilité du sous-sol, sa facilité à s'échauffer, enfin les influences de climat: mais cela ne peut suffire, le point essentiel, si difficile qu'il soit à constater, c'est la nature et la quantité des principes assimilables dont la plante peut se nourrir.

[La chaux n'est pas le seul élément du sol qui paraisse avoir une influence marquée sur la richesse saccharine de la betterave, et Liebig a été j'usqu'à poser en principe qu'il existe une relation étroite entre la teneur en sucre d'une racine et la quantité de potasse mise à sa disposition dans le sol. Au sujet de la perte de potasse occasionnée par la culture intensive de

la betterave en Allemagne, Liebig prédisait "aux agriculteurs de rapine" un abaissement brusque et désastreux dans la teneur en sucre. Cette affirmation a été soumise à la vérification expérimentale, mais les faits recueillis sur ce sujet semblent indiquer jusqu'ici que la relation n'est pas aussi intime que le prétendait l'illustre chimiste: si la potasse est incontestablement favorable à la végétation de la betterave, il ne s'en suit pas qu'elle serve directement à l'élaboration du principe sucré dans la racine. Monsieur Dubrunfaut a analysé des betteraves d'Aubusson qui, venues dans un terrain essentiellement calcaire, donnaient un jus qui était du sucre presque pur, avec une très-faible proportion de sels; dans une expérience comparative, une racine de Châlons, très-riche en potasse, n'a donné lieu qu'à une abondante cristallisation de nitre: le jus ne contenait qu'une très-minime quantité de sucre. D'ailleurs, avec des teneurs en mélasse à peu près constantes, n'a-t-on pas des variations énormes dans le rendement final en sucre? et les betteraves venues dans les terrains voisins de la mer ne présentent elles pas le maximum en sels alcalins et le minimum en principes sucrés? Ces éléments semblent plutôt s'exclure que se rechercher. S'appuyant sur ces données, M. Dubrunfaut conclut à l'indépendance du titre saccharimétrique absolu et du titre salin, ce qui infirme la relation annoncée entre la production saccharine et la richesse du sol ou des engrais en potasse. De son côté, M. Corenwinder à la suite de longues et nombreuses expériences de culture aux sels de potasse, est arrivé à des conclusions analogues: nous donnons ici les résultats obtenus par ce savant agronome.

Nature de l'Engrais.	Sans matière saline.	Salin brut de betterave.	Chlorure de Potassium.	Sulfate de Potasse.	Carbonate de Potasse.	Sels de Stassfurth.
Densité . . .	1053	1048	1052	1052	1050	—
Richesse saccharine	8,20	7,75	8,80	8,05	8,80	—
Densité . . .	1056	—	—	1056	—	—
Richesse saccharine	9,1	—	—	9,0	—	—
Densité	1057	—	—	—	—	1057
Richesse saccharine	9,3	—	—	—	—	9,2
Densité	1054	1057	1052	1048	1049	—
Richesse saccharine	8,58	9,0	8,35	7,76	7,40	—
Moyenne . .	8,59	8,37	8,57	8,50	8,07	—

On voit par ce tableau que, si l'on excepte le résultat isolé donné par les sels de Stassfurth, la moyenne de tous les essais est à l'avantage de la culture sans addition de matière saline. Tous ces faits ont été résumés par M. Dubrunfaut de la manière suivante: dans le Nord de la France on a 5% de sucre, en Prusse 7%, jusqu'à 10% en Russie: or, en France ou fume avec intensité, en Prusse on fume peu, en Russie, on ne fume pas.

Mais s'il est prouvé que la potasse n'influe en rien sur la production du sucre dans la betterave, il n'en est pas moins vrai qu'elle joue un rôle important dans la production de la racine elle même, et à ce titre on ne saurait méconnaitre la justesse du précepte de Liebig.

Nº d'ordre.	Nature des engrais.	Quantité par hectare.	Kilog. de betterav. par hect.
1	Guano de Pérou	1,200 k.	25,000
2	Phospho-guano	1,200	28,000
3	Phosphe-guano et guano, mélangés par partie égale	1,200	33,000
4	Engrais sans phosphate de chaux, composé de: Nitrate de soude, nitrate de potasse, sulfate de chaux . .	80	25,000
5	Engrais sans potasse, composé de: phosphate de chaux, nitrate de soude, sulfate d'ammoniaque	1,200	36,000
6	Engrais composé de nitrate de soude	500	18,000

Nº d'ordre.	Nature des engrais.	Quantité par hectare.	Kilog. de betterav. par hect.
7	Engrais complet composé de: phosphate de chaux, nitrate de potasse, nitrate de soude, sulfate de chaux	1,200	43,000
8	Engrais sans chaux composé de: phosphate de chaux, nitrate de potasse, nitrate de soude	900	34,000
9	Sans engrais	—	16,000
10	Fumier de ferme	60,000	40,000
11	Guano du Pérou	400	
	Engrais sans azote, composé de: phosphate de chaux, nitrate de potasse, sulfate de chaux	900	28,000
12	Engrais complet intensif, de même que l'engrais complet, avec une dose plus élevée pour chaque principe	1,600	48,000

Les essais de culture faits avec les engrais chimiques, consignés dans le tableau précédent, mettent hors de doute l'influence que les sels alcalins exercent sur le rendement à l'hectare. On conçoit dès lors que, malgré les faits signalés plus haut, l'emploi modéré des engrais chimiques puisse être recommandé et tende à se généraliser dans la culture industrielle, surtout en France, où l'impôt frappe, non pas comme en Allemagne le poids brut de betteraves mises en œuvre, mais le poids de sucre produit. L'intérêt du fabricant dans cette question n'est pas d'ailleurs aussi différent de celui du cultivateur qu'on pourrait le croire: entre la production d'une plus grande quantité de racines avec une moindre proportion de sucre et une faible récolte de racines plus riches en sucre, il y a une limite qui peut concilier les intérêts du cultivateur et du fabricant, c'est le maximum de sucre par hectare. Cette conclusion ressort clairement d'interessantes expériences, faites récemment en Allemagne, dont nous consignons les principaux résultats dans le tableau suivant.

N° des parcelles.	Amendements par arpent. (1 arpent = 0,2553 hectare.) (1 quintal = 50 kilos.) (1 livre = 500 grammes.)	Récolte par arpent. Quintaux.	Densité du jus d'après l'aréomètre Brix.	Densité absolue du jus à 14° R.	100 parties de jus contenaient: Sucre.	100 parties de jus contenaient: Substances étrangères totales.	100 parties de jus contenaient: Substances étrangères organiques.	100 parties de jus contenaient: Cendres acide carb. non compris.	sur 100 part. de sucre: Substances étrangères organiques.	sur 100 part. de sucre: Cendres (acide carbonique non comp.)	100 parties de cendres contenaient acide carbonique.	en 100 part. de cendres: Acide sulfurique.	en 100 part. de cendres: Chlore.	Sucre produit par arpent, livres.
I.	Sans engrais	100,54	15,5	1,0669	14,49	1,52	1,20	0,32	8,29	2,21	7,14	5,62	?	1398
II.	3 quintaux de sel de potasse; 2 quintaux de guano .	134,77	16,0	1,0681	14,38	1,79	1,37	0,42	9,53	2,94	9,55	5,74	13,90	1860
III.	3 quint. de sel de potasse; 2 quint. de guano soluble	140,11	16,5	1,0700	14,86	1,72	1,26	0,46	8,48	3,09	8,64	4,39	13,70	1999
IV	3 quintaux de sel de potasse; 3 quintaux de Backer-Superphosphate	113,81	15,5	1,0662	14,19	1,52	1,04	0,48	7,33	3,38	8,00	5,06	13,56	1550
V.	3 quint. de sel de potasse; 1 quint. de guano; 1 1/2 quintal de Backer-Superphosphate	119,41	17,0	1,0726	15,56	1,68	1,17	0,51	7,52	3,28	7,52	4,40	15,30	1784
VI.	3 quint. de sel de potasse; 1 1/2 quintal de poudre d'os; 1 quintal de guano	121,73	16,6	1,0717	15,27	1,70	1,29	0,41	8,45	2,68	9,83	5,17	10,87	1784
VII.	3 quint. de sel de potasse; 1 1/2 quintal de poudre d'os; 1 quintal de guano soluble	118,94	15,6	1,0664	14,01	1,66	1,17	0,49	8,35	3,49	8,96	4,97	14,69	1600
VIII.	6 quint. de sel de potasse; 4 quintaux de guano. .	147,77	15,4	1,0655	15,71	1,54	1,07	0,47	7,66	3,37	10,27	3,64	15,60	1980
IX.	3 quint. de sel de potasse; 3 quint. de poudre d'os	124,79	16,8	1,0724	15,73	1,58	1,16	0,42	7,38	2,67	9,65	3,89	12,30	1882
X.	Sans engrais	108,58	15,8	1,0670	14,12	1,93	1,52	0,41	10,84	2,90	12,35	5,49	6,11	1472
XI.	3 quint. de sel de potasse; 1 1/2 quintal de Backer-Superphosphate; 1 quintal de salpêtre de Chili .	135,97	15,7	1,0672	14,21	1,73	1,25	0,48	8,79	3,39	9,93	2,54	14,77	1855
XII.	1 1/2 qu. de poudre d'os; 1 quintal de guano . .	119,86	?	1,0661	14,00	1,79	1,42	0,37	10,14	2,64	13,91	3,32	6,70	1611
XIII.	1 1/2 qu. de poudre d'os; 1 qu. de guano soluble .	126,63	16,2	1,0685	14,58	1,71	1,31	0,40	8,98	2,74	11,61	4,85	5,51	1758

Comme toutes les légumineuses d'ailleurs, la betterave est donc une plante essentiellement potassique, et les agriculteurs feraient preuve d'imprévoyance s'ils ne rendaient au sol un élément que chaque récolte de betteraves lui enlève dans des proportions considérables.

Toutefois dans la culture de la betterave il ne faut jamais perdre de vue le but final qui est l'extraction du sucre, et tant que la science n'aura pas donné le moyen de vaincre les difficultés que la présence de la potasse dans le jus fait naitre dans la fabrication, on ne devra user des fortes fumures et des engrais potassiques qu'avec une prudente réserve, et strictement dans les limites nécessaires pour conserver au sol sa première fécondité.]

La chaleur du sol facilite singulièrement la production du sucre cristallisable. C'est ce que démontrent les productions de la zône équatoriale comparées aux plantes de nos climats plus froids. Aussi la betterave préfère les terrains chauds: elle y pousse plus vite, et est plus riche en sucre, que dans les sols froids. Ces derniers ont d'ailleurs l'inconvénient de donner des racines dont le jus est très-impur. C'est pour cette raison que les champs exposés au midi fournissent habituellement des betteraves meilleures que les parcelles autrement orientées. La chaleur agit en excitant l'activité du sol; ainsi, la plante ne commence à décomposer l'acide carbonique qu'à une température de 10° au moins. Tout ce qui pourra échauffer le sol sera donc favorable à la culture de la betterave.

L'humidité du sol a également une grande influence sur le développement de la plante. Les eaux stagnantes dans le sous-sol sont très-préjudiciables: elles font mourir le pivot de la racine qui pénètre souvent à plusieurs pieds de profondeur; la plante acquiert un aspect maladif; le jus est aqueux, chargé de sels, et plus pauvre d'autant en sucre. Avec une terre chaude et en même temps humide, on aura au contraire des jus d'un rendement meilleur. D'un autre côté, un terrain trop sec arrête la végétation et ne donne que de médiocres résultats.

Les conditions météorologiques exercent sur la qualité des betteraves une influence qu'on ne saurait trop connaître. D'une année à l'autre varient, et la quantité de pluie, et la température moyenne. Or, une année froide et humide donnera de mauvaises betteraves. Un temps chaud et modérément sec, (au moins pendant le printemps), donnera des betteraves riches, des jus faciles à travailler. — Ces influences des années se constatent à la fois sur des pays entiers, et font souvent varier de près de 15% le rendement en sucre.

On a souvent recommandé de ne pas planter de betteraves sur un sol nouvellement défriché, parce que les acides et les matières organiques non décomposées semblent empêcher la production du sucre dans la plante. Naturellement, ce cas ne peut se présenter que dans les pays où l'on a un sol acide, humide ou froid. Dans la Russie méridionale, j'ai trouvé sur des terrains neufs, mais élevés et chauds, d'excellentes betteraves; leur qualité était supérieure à celle des betteraves récoltées sur des champs depuis longtemps en culture. Ces terrains doivent donc être par leur nature même excellents pour la betterave, et l'on pourrait dire qu'ils constituent des sols modèles. Aussi conviendrait-il d'en étudier avec soin la composition et de prendre leur analyse pour type des terres à betteraves, puisqu'ils donnent des récoltes supérieures sans engrais, sans appropriation artificielle, etc.

La couche arable doit être assez profonde et assez puissante pour que les racines puissent y pénétrer profondément, et trouvent, jusque dans les dernières couchés, une riche nourriture. Aussi les labours atteignent-ils souvent jusqu'à 0^{m} 40. On les fait généralement dans l'arrière saison. Comme la betterave a besoin de trouver dans le sol une certaine quantité de sels alcalins à l'état de dissolution, on laboure le champ profondément à la fin de l'automne, et on le laisse en sillons ouverts: l'acide carbonique et l'oxygène de l'air, l'humidité des pluies et de la neige, le froid, désagrègent les silicates insolubles du sol, et les amènent ainsi, par leur action destructive, sous la forme que demanderont les plantes. — Cette prépara-

tion mécanique du sol est assurément le meilleur moyen pour transformer à l'état assimilable les éléments que contient la terre. Mieux on a fait les labours, et mieux le but qu'on se propose pour la végétation se trouvera rempli. Aussi, durant l'arrière-saison, on doit avoir soin de faire passer plusieurs fois la charrue dans les mêmes champs. Le retournement des surfaces, le renouvellement des couches immédiatement en contact avec l'air, ont pour conséquence d'accumuler dans le sol une provision plus grande des principes minéraux solubles.

Le labour qui suit immédiatement les chaumes, lorsqu'on fait une première récolte, n'est qu'un labour superficiel. Il a pour but de hâter la décomposition des matières organiques, restes de la végétation qui a précédé, et qui, sous l'action de l'air et de l'humidité, se transforment rapidement et deviennent propres à nourir la nouvelle génération de plantes. Cette destruction des racines se fait immédiatement après la récolte, pour laisser à leur décomposition le plus de temps possible, et la favoriser plus sûrement, en profitant de la température encore élevée de cette saison.

Dans l'arrière-saison, alors que les chaumes, les racines ou les herbes sont détruits, on donne d'habitude un second labour aussi profond que possible. Cet ameublissement profond du sol à l'arrière-saison ne saurait être trop recommandé, et, pour la betterave en particulier, il semble donner les meilleurs résultats. L'humidité, pénétrant dans cette couche divisée, ne peut plus ensuite s'évaporer aussi rapidement, elle s'emmagasine ainsi dans le sol, et constitue une réserve dont l'action ultérieure, dans les années sèches surtout, est précieuse pour la végétation. Dans les périodes de sécheresse, la plante pompera par les racines, à la partie inférieure, l'humidité que lui refusent les couches plus voisines de la surface. Le fond de la couche arable forme ainsi un réservoir permanent pour l'humidité; en même temps, il offre une garantie contre les changements de temps, car, après une forte pluie, il absorbe beaucoup plus d'eau que si le sol n'avait reçu qu'un labour superficiel. En fait, l'expérience générale plaide en faveur des labours profonds

d'automne, surtout dans les années sèches. J'ai vu, dans de pareilles années, des champs bien cultivés, à Magdebourg, donner encore de bonnes récoltes, inférieures de 5 ou 10% seulement à celle de bonnes années, tandis que dans d'autres pays, où l'on se contente de labours légers, la perte atteignait souvent 30%.

Dans les pays où le sol n'a jamais été cultivé qu'à une faible épaisseur, et où la succession des cultures ne permet pas de donner chaque année des labours aussi profonds, il serait bon de défoncer le sous-sol par une charrue sous-sol, de façon à ameublir les couches inférieures sans les mélanger avec celles de la surface plus riches d'engrais.

Pendant l'hiver, on laisse ouvert le sillon tracé par la charrue. La gelée agit pour briser les mottes; l'eau de pluie, qui a rempli les plus petits pores de la masse, se dilate en se transformant en glace, et réduit la terre à l'état de poussière. On obtient ainsi une surface pulvérulente, meuble, parfaitement disposée pour recevoir la graine, et dont les particules viendront entourer la semence et favoriser sa réussite.

Il est clair, d'après ce qui a été dit plus haut, que de bons labours, convenablement faits, contribuent notablement à augmenter les principes nutritifs solubles que contient la terre. De semblables labours remplacent en réalité une partie de l'engrais, et représentent ainsi une économie réelle. Un champ bien labouré peut, avec moins d'engrais, donner autant qu'une terre mal labourée mais avec plus de fumure, ou, ce qui revient au même, à fumure égale, la récolte d'un champ sera d'autant plus forte que les labours d'hiver en auront été plus convenables et plus soignés.

En enfouissant les chaumes dans l'arrière-saison, on donne au sol une porosité et un ameublissement qui facilitent la circulation nécessaire de l'air et de l'humidité. Les matières organiques, résidu de la récolte précédente, ou apportées par la fumure, se décomposent dans le sol. Les gaz auxquels elles donnent naissance déterminent un mouvement de fermentation qui contribue de son côté à ameublir la terre. Chaque brin de paille, chaque tige de plante qui se décompose ou se putréfie,

laisse, en disparaissant, un canal dans lequel l'air pénétrera, pour aller propager la décomposition dans les couches inférieures.

[En France où l'on fume avec intensité, c'est toujours la betterave qui figure en première ligne dans l'assolement, parce que les blés faits en présence d'une aussi grande quantité d'engrais seraient exposés à verser: ou est donc obligé de fumer en automne et d'enterrer simplement le fumier à quinze centimètres par un binotage. Le labour profond (21 à 28 cent.) ne se donne alors qu'en février. Mais quand on remet une seconde fois de la betterave sur la même fumure, comme cela se fait en général, on donne un labour profond pendant l'automne qui précède la seconde culture de betterave, puis, au printemps, on réchauffe la terre par un petit labour, ou mieux, par deux tricyclages, et on sème sur le sol, comme demi-fumure, un engrais artificiel. L'engrais le plus usité d'après les conseils de M. Ville comporte pour un hectare

400	Kilog.	phosphate de chaux,
200	-	nitrate de potasse,
300	-	nitrate de soude,
300	-	sulfate de chaux.

M. Vivien a proposé l'emploi de l'engrais suivant:

Superphosphate	29
Sulfate d'ammoniaque	11
Sulfate double de potasse et de magnésie (résidu des marais salants)	60
	100

La composition indiqué par M. Vivien nous semble de beaucoup préférable à la précédente: en effet, d'après les remarques de M. Dubrunfaut, l'azote des sels ammoniacaux est absorbé par la racine dans sa première période de végétation, et sert au développement des tissus, tandis que l'azote des nitrates n'est utilisé que lors de la fécondation des graines. Il s'en suit que les nitrates se retrouvent intégralement dans les jus des betteraves récoltées en vue de la fabrication du sucre et leur présence, en ces circonstances, n'est qu'un embarras de plus.]

Autrefois, on travaillait à plusieurs reprises, soit à la bèche, soit à la pioche, les champs qui devaient recevoir de la betterave; le labour à la charrue est une opération plus sûre, plus rationnelle, et la seule qui soit pratique dans une grande exploitation. Là, comme partout, la machine l'emporte sur le travail à la main, toujours plus coûteux. La charrue se prête à tous les besoins de la culture, et offre plus de garantie qu'un manœuvre inexpérimenté pour ameublir le sol régulièrement et à une profondeur constante. Si on a soin de labourer successivement suivant plusieurs directions, en long et en large, avec une charrue bien construite, la terre est uniformément mélangée. La rapidité de travail due à l'emploi de la charrue permet d'ailleurs de préparer de grandes surfaces en peu de temps, condition essentielle pour la culture de la betterave.

En résumé, partout les praticiens soigneux ont donc trouvé avantageux et ont adopté le labour d'arrière-saison. Mais, si l'accord existe sur l'utilité d'un labour aussi profond que possible à cette époque, il n'en est pas de même pour les opérations du printemps. On va même, à Magdebourg, jusqu'à ne donner aucun labour à la terre dans cette période de la culture. La herse et le rouleau servent seuls à préparer la terre pour les semailles: en agissant de la sorte, on a en vue de conserver dans le sol le plus d'humidité possible, mais on ne peut opérer ainsi que dans les pays où la culture est très-avancée et ne laisse sur le champ aucune mauvaise herbe. Dans les autres contrées, on commence par aplanir le sillon d'hiver avec le traineau ou la herse. Les mottes de terre sont autant que possible cassées et broyées, puis extirpées et hersées. On procède alors à l'ensemencement, puis on fait passer le rouleau. Cependant, sur les champs où de mauvaises herbes tendent à se multiplier, un labour léger serait le meilleur moyen de faire disparaître ces végétaux parasites. Il tracerait en même temps des sillons plus meubles qui serviraient aux semis. Il est vrai qu'en opérant ainsi on fait perdre à la terre, sous l'influence des vents toujours secs du printemps, une grande partie de l'humidité qu'elle contenait, mais il suffit d'une pluie venue à

propos pour restituer au sol son humidité normale. Grâce au développement plus rapide que la betterave acquiert de cette façon, elle étouffe les mauvaises herbes, et garantit une récolte plus assurée. — En Bohême, on emploie souvent dans les champs à betteraves, pour les labours de printemps, un râteau à trois dents ou une charrue rapide à socs multiples. On obtient ainsi, en très-peu de temps, une couche fine sur laquelle sera déposée la graine.

L'emploi de la bèche et du râteau pour cette préparation du sol avant les semis ne se justifie aujourd'hui que dans un très-petit nombre de cas, car la dépense en main d'œuvre est trop grande pour que ce travail soit généralement rémunérateur.

En somme, le cultivateur qui travaille toujours les mêmes champs et qui connait leur nature, n'a besoin que d'une règle, la même pour tous les cas: il faut travailler la terre aussi bien avant les semis qu'après, mais il ne faut la travailler que quand elle est sèche. Tout travail sur une terre mouillée est plus nuisible qu'utile. La terre s'empâte, devient compacte au lieu de s'ameublir, de rester perméable aux influences atmosphériques, et la jeune plante qu'on lui confie ne peut ensuite prospérer dans ces conditions défavorables. Jlienkof, professeur de chimie agricole à Moscou a étudié l'importance des modifications que la couche arable subit, pendant l'hiver, et est arrivé aux conclusions suivantes: les sols labourés le plus profondément n'éprouvent aucune modification chimique pendant l'hiver, sous s'influence du froid, de l'humidité, de l'air etc., mais les propriétés physiques de la couche arable se trouvent modifiées: les éléments sont plus divisés et plus intimement mélangés. Il semble que le froid paralyse toute action chimique, et il serait intéressant de savoir si dans les pays plus méridionaux des analyses exactes de la couche arable avant et après l'hiver conduiraient aux mêmes résultats.

Chapitre II.

Assolement et Engrais.

Il semblera peut-être étrange de commencer par les assolements le chapitre relatif aux engrais. Mais il faut bien remarquer que la récolte de l'année précédente constitue, par elle-même, une sorte de fumure. Les résidus qu'elle laisse sur le sol, les chaumes, par exemple, sont enfouis par le travail de la charrue; ils se décomposent, et apportent ainsi leurs éléments à la nouvelle génération de plantes qui se développe. Il est donc facile de comprendre l'importance d'une bonne rotation pour les betteraves, qui profitent en majeure partie des quantités souvent considérables de résidus divers que laissent après elles les récoltes antérieures. Plus ces détritus seront nombreux, et plus ils apporteront à la terre d'éléments organiques en décomposition, c'est-à-dire d'engrais; plus aussi ils contribueront à ameublir le sol, et à donner une plus large prise aux influences atmosphériques. Mais là ne se bornent pas, si importants que soient ces résultats pour le rendement en sucre, les avantages d'une rotation convenable. Les végétations antérieures servent en outre à étendre et diluer les éléments nutritifs que renferme le sol, et améliorent par cela même la betterave. C'est ainsi, par exemple, que, dans tous les pays où la culture des betteraves est suivie avec soin, on a constaté qu'il y avait avantage à semer cette plante après du seigle, plutôt qu'après du blé. On obtient en effet, dans le premier cas, et plus de richesse saccharine, et des jus plus purs, c'est-à-dire moins chargés de sels étrangers. Aussi a-t-on cherché à expliquer ce fait par une théorie, qui, en vertu de sa singularité même, mérite d'être rappelée ici. Toutes les plantes, disait-on, qui contiennent en grande quantité du sucre, (comme le Maïs, par exemple), ou de l'amidon, chimiquement identique au sucre, (comme le blé), empruntent ces matières à la terre. Celle-ci ce trouve donc appauvrie, et toute rotation, dans laquelle ces plantes précèderont la betterave, sera par cela même mauvaise.

Cette explication naïve et puérile ne repose, avons-nous besoin de le dire, sur aucune base, car une récolte de seigle renferme tout autant d'amidon qu'une récolte de blé.

Il faut, ce me semble, chercher ailleurs la raison de la richesse plus grande des betteraves à la suite du seigle, et j'essaierai d'expliquer ce fait autrement. Certaines de nos cultures exigent des engrais puissants et composés; d'autres veulent des engrais légers et simples. Aussi, dans la pratique, après une forte fumure destinée à suffire, pour plusieurs années, aux besoins de la terre, il est rationnel de faire succéder les récoltes dans l'ordre même des proportions d'engrais qu'elles exigent.

C'est ce que l'on fait d'une manière générale, en semant le blé sur une fumure nouvelle où il trouve des éléments de nourriture abondants. Si l'on plantait la betterave dans les mêmes conditions, sur une fumure fraiche, la plante absorberait une trop forte proportion de la dissolution d'engrais concentrée et riche en matières salines ou organiques; la betterave ainsi cultivée ne pourrait donner qu'un jus chargé d'impuretés. C'est ce que confirme l'expérience de longues années. Sur une fumure fraiche, le jus des betteraves est particulièrement chargé de sels et de substances azotées.

Si, au contraire, l'on ne cultive la betterave que dans la seconde année de la fumure, en seconde rotation, la racine trouve dans le sol un engrais déjà appauvri de tout ce qu'a absorbé le blé. Les éléments assimilables, disséminés en moins grande quantité sur la même surface, constitueront pour les radicelles de la plante un liquide nutritif moins énergique. Si donc, en vertu des forces d'osmose, les cellules de la betterave absorbent des quantités de sels ou de matières organiques proportionnelles à la concentration des liquides, (et c'est ce que semble prouver la végétation luxuriante qui suit immédiatement une fumure), il en résultera qu'en seconde année de fumure, le jus sera plus pauvre en sels et plus pur. Or, c'est un résultat qu'a constaté la pratique: les betteraves sont meilleures, venant dans la seconde année de fumure, que dans la première.

Examinons maintenant ce qui se produira, si la récolte des betteraves vient après du seigle qui exige une nourriture moins forte que le blé. La pureté plus grande des jus qu'on obtient dans ce cas ne peut provenir que de ce que le sol contient les éléments assimilabes sous forme de dissolution encore moins concentrée. Or, effectivement, le seigle à déjà trouvé une fumure moins forte que le blé, et il a absorbé une grande partie des éléments qui restaient. Si cette explication est vraie, une récolte venue après du blé, sur un champ faiblement fumé, devra être encore meilleure et devra donner des jus plus purs que si elle succède à du seigle sur une terre fortement engraissée. La qualité de la betterave ne serait donc pas liée, aussi étroitement qu'on le supposait jusqu'ici, au système d'assolement. — Quelques observations semblent confirmer cette manière de voir, et l'opinion générale, qu'il faut planter la betterave après du seigle, semble tenir surtout à ce qu'on récolte le seigle sur des terres moins fortement fumées que pour le blé.

Il ne faudrait pas, partant de là, pousser les choses à l'extrême, et, sous prétexte de prouver l'exactitude du mode empirique généralement adopté, vouloir obtenir des betteraves sur un champ presque dépourvu d'éléments actifs.

On ne doit pas oublier que la betterave exige toujours un sol en bon état d'activité. La plante, dont les racines ne peuvent s'étendre au loin, ne saurait se contenter des doses homœopathiques de nourriture que renferme une dissolution trop pauvre.

Dans un autre ordre d'idées, on pourrait supposer que la betterave, plante à potasse, a besoin de trouver dans le sol une grande quantité de cette base; mais il n'a pas été démontré jusqu'ici une solution trop concentrée de potasse soit nécessaire à la racine. La betterave se comporte ici comme beaucoup d'autres plantes: une récolte de pommes de terre enlève plus de potasse au sol que le trèfle, et cependant celui-ci exige des engrais potassiques, tandis que la pomme de terre vient encore très-bien avec des dissolutions de potasse très-faibles. — On n'a pas déterminé jusqu'ici les limites de concentration dans lesquelles la betterave prospère le mieux, et il nous reste

encore une longue route à parcourir dans cette voie, avant que nous arrivions à produire, dans les conditions les plus favorables pour l'industrie du sucre, la racine qui forme la matière première de cette fabrication.

Jusqu'à ce que l'avenir ait soulevé le voile qui nous cache les secrets de la formation du sucre dans la betterave, nous devrons nous borner à conclure, comme simple résultat de l'expérience, que, dans le système d'assolement des cultures, la betterave ne doit venir qu'en seconde rotation.

Le système d'assolement doit d'ailleurs, à d'autres points de vue, remplir certaines conditions qui exercent quelque influence sur la culture de la betterave.

La meilleure rotation serait, sans contredit, celle dans laquelle la récolte précédente laisserait le sol dans l'état le plus convenable, c'est-à-dire débarrassé de mauvaises herbes, meuble et facile à travailler.

Or, ces conditions sont parfaitement réalisées, quand on a choisi pour première récolte des plantes à feuilles nombreuses et cachant le sol; de ce nombre sont les lupins, les pois, la vesce, le fourrage vert. En fauchant le fourrage à temps, on détruit les mauvaises herbes avant qu'elles n'aient porté graine. Un labour (qui peut se faire sans difficulté dans ce cas), détruit ces herbes dans leur racine, et, en les enfouissant dans le sol, permet d'en tirer encore parti. Ainsi préparé, sous l'action de la chaleur et de l'humidité qu'amènent la rosée ou les pluies, le sol se conserve net et meuble. Il sera dans d'excellentes conditions pour porter des betteraves, l'année suivante, sans qu'il soit besoin de grand travail pour le débarrasser des mauvaises herbes.

Le sol, ainsi abrité par la première récolte, donne ensuite naissance à une végétation plus active. On en a la preuve sur les champs de trèfle ou de luzerne. Si, l'année suivante, on les met en culture, ils donnent un bon produit; mais si, dans l'intervalle, on les laisse une année en jachère, la terre est complètement epuisée. Et cependant, dans les deux cas, le sol n'a nourri que la même masse de racines.

A la vérité, toutes les récoltes coupées à l'état vert laissent dans le sol une plus grande quantité d'engrais nouveau que les récoltes moissonnées à maturité. Par suite, et d'après la théorie qui precède, la betterave devrait donner un jus moins pur, venant après des plantes vertes, qu'après du seigle. — C'est ce que parait vérifier la pratique. Aussi recommande-t-on surtout d'employer, comme première récolte, des fourrages, dans les cas où l'on cultive un champ assez faible. On ne devrait agir de même sur une terre plus forte, que si l'on voulait planter les betteraves plus serré, de façon à répartir la même quantité d'éléments nutritifs sur un plus grand nombre de racines.

Mais, si l'on considère comme avantageuse à la betterave la culture préalable des plantes fourragères, riches en feuilles, chargées de sève et annuelles, on n'aime pas en général employer les plantes qui vivent plusieurs années, comme le trèfle, la luzerne, etc. On prétend que les insectes s'amassent à l'abri de cette végétation qui les protège, et qu'ils passent ensuite sur la betterave, dont le suc est plus doux, pour se nourrir des jeunes feuilles, au moment où elles sortent de terre. Or, ces petits insectes exercent souvent des ravages tels qu'ils dévastent des champs entiers.

On aurait aussi observé que la betterave, venue après la luzerne et le trèfle, est moins riche en sucre, et plus chargée de matières minérales et organiques, que dans d'autres conditions.

En France, l'assolement qui comporte une rotation de cinq années est le suivant: la betterave est faite directement sur la fumure; vient ensuite le bló, puis une seconde culture de betterave sur engrais artificiel, une seconde culture de blé, enfin, tous les cinq ans, à tour de rôle, avoine, seigle, ou trèfle. La seconde coupe de trèfle est enterrée et compte pour une demi-fumure.

En résumé, au point de vue de l'assolement, on ne saurait poser aucune règle certaine applicable à tous les cas; seulement, d'après la pratique générale de tous les pays, on doit admettre que les betteraves, après une première récolte, c'est-à-dire en

seconde année de fumure, sont meilleures, pour la fabrication, que les racines venues immédiatement après l'addition d'engrais.

Il est peut-être réservé à l'avenir de nous apprendre le moyen d'obtenir, sur le même champ, par des engrais convenables, une succession continue de récoltes de betteraves, de remplacer par la nature des engrais l'action que nous demandons aujourd'hui à l'assolement.

Passons maintenant à quelques considérations sur la fumure. Elle a pour but d'entretenir la fertilité sur un sol naturellement bon, ou de restituer à la terre, (souvent sous une autre forme), les éléments que lui ont enlevés les récoltes.

Si riche qu'il soit, un sol finira toujours par s'épuiser, au bout d'un certain nombre d'années, par la perte des principes cédés aux récoltes successives. Tôt ou tard ce sol doit perdre sa fertilité.

Mais si l'on rend à la terre ces mêmes principes, comme on cherche à le faire par des fumures périodiques, on peut rétablir l'équilibre que tendait à rompre, pour beaucoup d'éléments, l'action des récoltes, on peut conserver ainsi au sol toute sa fertilité, sous la condition que les principes ajoutés soient dans un rapport exact avec ceux qu'enlève la végétation.

Si l'on apporte au sol un excès d'éléments nutritifs, d'engrais, on peut accroître sa fertilité ou augmenter le rendement de la récolte suivante.

Les éléments nutritifs que nous donnons de la sorte artificiellement aux plantes se nomment communément engrais, et nous comprenons sous ce nom les corps de toute espèce indispensables au développement normal des plantes. Ces principes peuvent d'ailleurs être fournis aux végétaux soit à l'état libre, soit sous forme de combinaisons, qui, par suite des actions du sol, se décomposent et deviennent ainsi assimilables.

On comprendra sans peine que l'engrais, nourrissant la plante, exerce sur ses éléments constitutifs une action qui varie d'après les diverses natures des corps employés comme fumure.

C'est en effet ce qui arrive. Parmi beaucoup d'exemples, j'en citerai un seul qui intéresse spécialement la culture de la betterave. (The fertilizers by Cuthbert W. Johnston, page 41).

Il indique comment varie la composition du blé suivant la nature de l'engrais. 100 kilogrammes de blé récoltés sur le même champ, après des fumures différentes, ont donné:

avec du sang	41 % d'amidon,	34 % de Gluten
- du fumier de brebis	42 - -	33 - -
- du fumier de cheval	62 - -	14 - -
- du fumier d'étable	62 - -	12 - -
- des engrais végétaux	60 - -	10 - -

Ces résultats sont importants pour le fabricant de sucre, parce que le sucre se comporte dans les betteraves exactement comme l'amidon dans le blé, et que, dans ces deux récoltes, la proportion des matières azotées est également soumise à l'influence de la fumure.

Les chiffres qui précèdent prouvent donc que les éléments de la plante varient d'après la nature de l'engrais. Par suite, une constitution de plantes donnée exige a priori dans le sol certains éléments nutritifs déterminés. Or, les cendres d'une plante représentant ses principes minéraux, l'analyse de ces cendres devrait donner des indications précises sur la composition de l'engrais le plus convenable pour ce végétal.

Si l'on veut appliquer cette méthode à la betterave, il faut avant tout connaître les corps qu'elle renferme. Quelques chimistes donnent cette composition ainsi que suit:

D'après Bretschneider (1860), les betteraves récoltées sur un hectare contenaient en matières minérales:

	Racines.	Feuilles.	Total.
Potasse	111,0 k.	66,0 k.	177,0 k.
Chlorure de Sodium	12,3 -	34,6 -	46,9 -
Soude	7,8 -	19,0 -	26,8 -
Chaux	16,2 -	53,0 -	69,2 -
Magnésie	26,4 -	48,0 -	74,4 -
Acide phosphorique	44,8 -	26,6 -	71,4 -
Silice	7,6 -	16,2 -	23,8 -
Oxyde de fer	2,9 -	3,5 -	6,4 -
Acide sulfurique	22,5 -	24,3 -	46,8 -
	251,5 k.	291,2 k.	542,7 k.

	La récolte d'un hectare, soit 30,000 K°s de betteraves, contient d'après												1000 parties des matières suivantes contiennent, d'après				
	Wolf			Karmrodt			Fuhling			Hoffmann			Bret-schneider	Herapath	Griepen-kerl	Boussin-gault	Sprengel
	Racines K°s	Feuilles K°s	Total K°s	Racines K°s	Feuilles K°s	Total K°s	Racines K°s	Feuilles K°s	Total K°s	Racines K°s	Feuilles K°s	Total K°s	Betteraves	Betteraves	Betteraves	Betteraves	Feuilles
Potasse	81,0	68,2	149,2	98,8	60,0	158,8	122	70	192	101,8	48	149,8	2,3	53,46	51,1	49,7	36,27
Soude	32,8	22,6	55,4	12,8	17,8	30,6	50	24	74	11,4	26	37,4	1,4		—	1,91	—
Chaux	12,4	21,0	33,4	13,4	16,2	29,6	18	22	40	19,6	36	55,6	0,4	20,24	2,45	8,91	15,00
Magnésie	8,6	17,6	26,2	14,0	8,4	22,4	12	18	30	13,4	35,4	48,8	0,5	2,7	2,9	5,6	5,4
Chlore	23,6	26,4	54,0	11,2	20,8	32,0	36	28	64	3,8	10	13,8	0,1	—	—	—	—
Acide sulfurique	7,0	10,2	17,2	5,4	5,6	11,0	10	10	20	8	14,8	22,8	0,4	8,3	2,3	2,04	6,3
Acide phosphorique	12,8	14,6	27,4	24,6	11,6	36,2	20	16	36	32,6	13,8	46,4	0,8	7,1	10,8	7,6	4,5
Silice	15,0	16	31,0	6,2	17,2	23,4	22	16	38	6,8	10,2	17,0	0,2	trace	0,2	10,2	2,7
Oxyde de fer	—	—	—	4,26	2,24	6,50	—	—	—	2,2	4,6	6,8	0,04	—	0,35	3,18	0,32
Total des éléments minéraux	—	—	389,4	193,0	162,0	355,0	—	—	—	—	—	398,4	6,2	—	—	—	—
Matières organiques azotées	—	—	—	239,2	216,0	455,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chlorure de Sodium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,15	17,04	10,83	11,30
Chlorure de potassium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,85	—	—
Résidu de la dessiccation	—	—	—	6649,8	1056,0	7705,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Teneur en azote	—	—	—	38,2	34,6	72,8	46	32	78	—	—	—	—	—	—	—	—

Ce qui frappe à première vue dans ces tableaux, c'est la grande différence entre les résultats. Il faut en conclure que nous ne possédons pas encore un assez grand nombre d'expériences exactes pour que nous soyons en droit d'en tirer des conséquences certaines. — Tous les dosages qui précèdent n'ont pas été faits sur d'excellentes betteraves, et dès lors le fabricant ne saurait se fonder sur des résultats qui peuvent provenir de betteraves mauvaises pour leur destination. — On n'a d'ailleurs pas encore prouvé clairement que tous ces corps trouvés dans la composition de la plante lui soient réellement essentiels. Pour résoudre cette question, il faudrait déterminer pour chaque sel la quantité minimum indispensable au développement de la racine. Or, il est à supposer que certaines des substances données ci-dessus comme essentielles pourraient être avantageusement remplacées par d'autres matières analogues. Ainsi, la soude par la potasse, ou la chaux par la magnésie. Il est vrai que, pour beaucoup de végétaux, les recherches faites dans cette direction n'ont donné qu'un résultat négatif, ou ont démontré que les échanges ne pouvaient se faire que dans d'étroites limites. On sait toutefois que, dans certaines betteraves, l'analyse révêle souvent du salpêtre, tandis que d'autres n'en contiennent pas trace; ce fait prouverait que le salpêtre, bien qu'il existe souvent dans la betterave, n'en est pas un élément nécessaire.

Il faudrait donc, avant tout, multiplier les analyses sur des betteraves de la meilleure qualité, pour connaître les principes indispensables à la plante, et, d'après eux, choisir l'engrais le mieux approprié.

Mais ces questions fussent-elles toutes résolues, il resterait encore nombre de difficultés sérieuses pour assurer pratiquement l'alimentation rationnelle de la betterave. — Supposons par exemple qu'une récolte enlève au sol, y compris les feuilles, par hectare, de 350 à 500 k^os^ de matières minérales. Ce résultat acquis, il reste encore à déterminer la quantité d'engrais nécessaire pour que ce poids de matières puisse, en quatre mois, se dissoudre dans le sol de façon à être absorbé et assi-

milé par la plante. Si, par exemple, on avait un engrais tel qu'un quart de son poids pût être dissous dans ce laps de temps, il faudrait en mettre dans le sol 4 fois 350 k^{os}, soit 1,400 k^{os}, pour obtenir le résultat voulu.

Mais cette solubilité elle-même dépend beaucoup des circonstances météorologiques, et notamment des quantités de pluie qui tombent. Le cultivateur intelligent aurait beau calculer, d'après la moyenne des pluies, la proportion des principes qui pourraient être dissous, des pluies plus fortes pourraient dissoudre une beaucoup plus forte quantité de sels; par suite, la betterave contiendrait un excès de ces matières nuisibles à la fabrication. C'est ce que prouvent les doléances de tous les fabricants après une année pluvieuse. Du moment où l'engrais contient une excès de ces principes qui, dans les circonstances ordinaires, restent inertes, il pourra donner des dissolutions trop ou trop peu chargées de sels, suivant qu'il tombera plus ou moins d'eau. Si l'on pouvait donner à la terre la totalité des principes assimilables, sous une forme parfaitement soluble, de façon que tout fût employé dans une seule récolte, on n'aurait pas à craindre les insuccès actuels, en tant qu'ils dépendent de l'engrais. Mais la répartition uniforme de ces principes dans le sol serait encore plus difficile qu'elle ne l'est aujourd'hui. Or, les différences de composition, si fréquentes dans la pratique, d'une betterave à l'autre, viennent précisément de ce que la plante trouve des éléments assimilables, en proportion plus forte, dans une partie du champ que dans l'autre. Peut-être des labours plus fréquents en long et en travers, comme on les pratique à Magdebourg, seraient-ils à recommander dans ce cas. C'est également une des raisons pour lesquelles il vaut mieux ne cultiver la betterave que dans la seconde année de fumure: les labours nombreux qu'a reçus le sol pendant les deux années divisent l'engrais et le mélangent plus uniformément à la couche végétale.

Mais admettons que nous parvenions à réaliser heureusement toutes ces conditions: le cultivateur ne sera pas encore

sûr que son engrais agira réellement et efficacement sur les racines, produit principal qu'il a en vue, ou s'il ne servira pas plutôt à développer le feuillage; *tous les essais de culture semblent en effet prouver qu'une grande partie des engrais agit beaucoup plus sur le rendement en feuilles que sur celui des racines.* —

Par suite, et bien qu'en principe il suffise de restituer au sol tout ce qu'on lui prend, la manière dont s'effectue cette restitution des éléments essentiels peut exercer une très-grande influence, et il reste encore beaucoup d'expériences pratiques à faire avant que cette importante question puisse être considéré comme résolue.

Des recherches de cette nature sur les engrais sont d'ailleurs indispensables au fabricant, au point de vue des conditions locales des terres qu'il occupe: les différents sols peuvent en effet céder, pour nourrir la betterave, et en la prélevant sur leur propre composition, une quantité plus ou moins grande des principes nutritifs tout préparés qu'ils renferment.

Reprenons en effet les analyses des sols que nous avons données dans le chapitre précédent: 1000 parties de terre contiennent de 99,2 à 195,4 parties de substances minérales pouvant entrer en dissolution. Or, un hectare, sur une profondeur de 30 centimètres, contient un million de kilogrammes de terre arable, ou environ 100,000 k^os^ de principes minéraux solubles, tandis qu'une récolte de betteraves, d'après les analyses qui précèdent, n'a besoin au maximum que de 550 k^os^ de ces matières. Si donc des 100,000 k^os^ que contient le sol, (et cette évaluation est probablement trop faible), $^1/_5$^e^ seulement; soit 20,000 k^os^ pouvait alimenter les racines, on voit que la provision serait assez forte pour assurer des récoltes pendant de longues années, si tous ces éléments minéraux pouvaient entrer en dissolution. — Mais comme les conditions de cette solubilité plus ou moins grande sont encore inconnues, quo'n ne peut par suite déterminer à priori les proportions d'engrais soluble qui font défaut, il faut bien procéder par empirisme et faire des essais de culture.

Par exemple 600 k^{os} de Guano constituent une très-forte fumure, et cependant ils ne contiennent que de 30 à 50%, soit 300 k^{os}, de matières terreuses ou minérales. 800 k^{os} de tourteau à 34 % n'en contiennent que 270 k^{os}. Il est parfaitement clair que d'aussi petites quantités, fussent-elles entièrement solubles, seront toujours très-faibles par rapport aux quantités considérables de principes minéraux que renferme le sol, soit par sa nature même, soit par suite des fumures précédentes. Il n'y a dès-lors rien d'étonnant à ce que l'action du terrain l'emporte toujours sur celle des engrais, et qu'une même fumure donne des résultats tout différents, suivant qu'on l'applique à des sols dissemblables, ou à des sols qui contiennent des proportions inégales de matières solubles. Il ne suit pas de là, néanmoins, que la fumure soit sans influence sur la constitution de la betterave: tous les praticiens savent, au contraire, qu'une fumure inopportune peut, sur les meilleurs sols, faire un tort considérable à la betterave. J'ai voulu dire seulement qu'il ne faut pas tout attendre de l'engrais, que la nature des sols, les façons qu'on leur donne, restent l'élément capital.

Les essais de culture qu'on a faits souvent, avec divers engrais, dans une même année, ne peuvent, ce me semble, être regardés comme concluants pour établir la valeur d'un engrais donné. Dans de pareilles conditions, on est soumis à des influences étrangères trop considérables qui proviennent, soit de la qualité du sol, soit des éléments en partie solubles laissés à la terre par les fumures antérieures, de ce qu'on appelle la "vieille force" du sol. Encore fait-on abstraction des actions météorologiques accidentelles de l'année.

Les résultats qu'on obtient par de pareils essais sont fonction de plusieurs variables, et la fumure n'est qu'un des éléments. Ils ne sauraient donc fournir de résultats précis sur la valeur de l'engrais lui-même.

Pour avoir des données exactes sur la valeur d'un engrais, il faudrait l'employer pendant plusieurs années sur le même

champ, et déduire des résultats moyens l'effet produit par la fumure.

Les engrais riches en ammoniaque, et surtout les engrais azotés, exercent une grande influence dans la culture de la betterave: ils activent généralement la croissance de la plante. Malheureusement, à toute addition d'azote dans l'engrais, correspond une augmentation notable des matières azotées de la betterave.

D'après les recherches de Lawes et Gilbert, la betterave desséchée contiendrait en azote

1,50% après un engrais minéral (moyenne de 13 expériences).
1,91% après une fumure composée de matières minérales et de tourteau.
2,86% après une fumure de matières minérales et de sels ammoniacaux.

Le rapport de l'enquête sur la production du sucre en Irlande constate que l'influence de l'engrais sur l'azote de la betterave a été mise en évidence par les expériences faites. Ce rapport conclut, qu'en bonne culture, on ne doit jamais faire précéder la betterave par une fumure nouvelle. Bretschneider se borne simplement à rappeler, qu'en 1861, et conformément à l'opinion générale, de deux champs qui contenaient, l'un 0,164 %, l'autre 0,085 seulement d'azote, le premier avait donné des betteraves beaucoup plus riches en azote.

Ainsi, bien qu'une addition d'azote dans le sol augmente le rendement en poids des récoltes de betteraves, il faut, dans l'intérêt de la fabrication du sucre, n'user de ce moyen qu'avec réserve, tant que nous ne serons pas en état d'éliminer, par une défécation complète, les éléments fermentescibles qu'amène, ou du moins qu'augmente, dans le suc des plantes, un engrais azoté. — Or, le noir animal n'exerce qu'une faible action absorbante sur ces matières; la chaux, il est vrai, en enlève une partie, mais elle en laisse la plus grande proportion, tout en continuant à agir pendant tout le cours de la fabrication, ainsi que le prouve l'odeur ammoniacale des jus. Il reste à

trouver un procédé qui permette d'éliminer facilement des jus, ou au moins de rendre inertes, toutes ces substances organiques, dont la composition rappelle celle du sang, de l'albumine, et qu'on désigne sous le nom collectif de matières azotées.

Tant que les progrès de la chimie industrielle n'auront pas amené ce résultat, (qui d'ailleurs ne saurait être éloigné), le cultivateur n'aura d'autre ressource, pour diminuer la production des matières azotées, que de choisir de bons engrais, pauvres en azote, et de les donner au sol un an ou deux ans avant, fût-ce au prix d'un moindre rendement dans la récolte. —

Les différentes sortes d'engrais sont plus ou moins favorables à la production de ces matières fermentescibles dans les plantes. Ainsi, les excréments humains en fournissent beaucoup, le fumier d'étable moins, les tourteaux encore moins.

En dehors des corps dont nous avons parlé jusqu'ici, l'acide carbonique joue probablement un rôle important dans la production des bonnes betteraves. L'acide carbonique de l'air, (qui en renferme $^{1}/_{1500}$e de son poids), est absorbé par les feuilles, et décomposé sous l'influence des rayons solaires. Il reste le carbone qui, dans tout végétal, forme, par sa masse, l'élément prépondérant. On a fait, pour d'autres plantes, des expériences directes sur l'absorption de l'acide carbonique. Ainsi un cep de vigne, placé sous une cloche dans laquelle on amenait de l'air contenant 0,00045 d'acide carbonique en volume, n'en laissait à la sortie que de 0,0001 à 0,0002. Il serait aussi intéressant qu'utile, à côté de ces expériences sur l'action des feuilles, d'étudier l'absorption du carbone par les racines, spécialement pour les betteraves. Nous constituons en effet dans le sol une atmosphère artificielle d'acide carbonique, qui arrive aux organes de la racine correspondant aux feuilles, et qui, se combinant avec les principes minéraux du sol, fournit les éléments nécessaires à l'organisme végétal. En outre, l'acide carbonique opère dans la terre la dissolution de bien des sels naturellement insolubles, (notamment des phosphates, d'après

C. Wolf); ces dissolutions peuvent ensuite aller alimenter les radicelles qui, peu développées, doivent trouver près d'elles leur nourriture. — Dans les fumures périodiques, nous ne pouvons restituer au sol cet élément actif, l'acide carbonique, que par les résidus des substances végétales en décomposition. Au reste, pour la betterave, dans le choix de la ulppart des engrais, on ne considère le carbone que comme un élément accessoire: est-ce à tort ou à raison, c'est ce que pourront seules décider des expériences attentives.

La pratique et la théorie sont partout d'accord, en ce qui concerne l'action et la valeur d'un engrais, pour poser les principes suivants, applicables à tous les modes de fumure: 1°, la fumure augmente le rendement en quantité des récoltes, mais, 2°, les plus fortes fumures ne correspondent pas au produit net maximum, et, 3°, pour chaque sol, il convient de chercher expérimentalement la quantité d'engrais nécessaire d'après sa constitution, et de ne pas dépasser cette dose.

Nous devons d'ailleurs faire remarquer ici que le rapport entre le poids des feuilles et celui des racines est très-variable; par suite, la vigueur ou la force des feuilles ne saurait donner une idée, même approximative, du développement de la racine. Le poids des feuilles peut varier entre 30 et 80% de celui des racines, et comme ces dernières sont les seules qui aient de la valeur pour le fabricant, c'est à la balance seulement qu'on peut apprécier une récolte.

Nous donnons ci-dessous, comme pouvant offrir un certain intérêt, les chiffres trouvés par Lawes et Gilbert sur le produit des récoltes sans aucune fumure.

Années.	Numéro de l'essai.	Sans aucun engrais.	Fumure de phosphate de chaux.	Fumure de phosphate acide de chaux, potasse, soude et magnésie.
		Récolte de betteraves en k^os par hectare.		
1843	1	10,490	30,502	29,741
1844	2	5,541	19,380	14,244
1845	3	1,707	31,773	31,630
1846	4	[1]	4,758	8,791
1847	5	—	18,903	14,527
1848	6	—	26,433	24,357
1849	7	—	9,392	9,214
1850	8	—	28,678	23,463
—	—	—	20,603	19,482

Ces chiffres prouvent que la fertilité des champs de betteraves non fumés décroit très-rapidement, mais que cette fertilité peut être à peu près maintenue par l'addition d'un engrais, même si cet engrais ne contient qu'un élément.

Les engrais peuvent être donnés au sol de diverses manières: on peut, soit les répandre sur toute la surface du champ, soit les déposer en sillons à proximité des semences. —

Presque tous les engrais sont épandus sur la surface entière, et, autant que possible, uniformément. — Mais on trouve aussi la fumure par places appliquée, et avec raison, par ceux qui veulent assurer à la jeune plante une nourriture abondante et forte. De la sorte, le plant se fortifie plus vite, il développe plus rapidement ses feuilles; il se trouve par suite plus tôt en état d'emprunter sa nourriture à l'atmosphère, de résister avec succès aux actions climatériques accidentelles. Ce mode de fumure par place, qui peut s'exécuter au moyen de machines en même temps que les semis, procure d'autre part une grande économie sur l'emploi des engrais concentrés: les

1) N. B. La quatrième année, le champ sans engrais donna si peu de betteraves qu'il n'y eut pas lieu de les peser.

principes nutritifs se trouvent en effet ainsi réunis immédiatement autour de la jeune plante, sans qu'aucune partie serve à enrichir inutilement les vastes intervalles qui séparent les lignes de semences. D'après de nombreuses expériences, on obtient, avec une demi-dose d'engrais, des résultats bien supérieurs à ceux que donnerait la dose entière répartie sur toute la surface.

Il convient toutefois de prendre quelques précautions dans la manière dont on met la graine en contact avec l'engrais. Beaucoup des engrais qu'on nomme artificiels sont éminemment nuisibles à la germination de la semence, (ainsi, le Guano, les Tourteaux, etc.); il est donc nécessaire de ne pas les placer immédiatement près de la graine. Aussi, avec les machines, a-t-on soin d'enfouir l'engrais plus profondément: un peu de terre retombe par dessus, et c'est sur ce lit qu'est déposée la semence. Lorsque l'engrais n'est donné au champ que modérément et n'est pas trop fort, qu'on n'en met pas au point de faire obstacle aux racines qui se développent, l'orsqu'enfin on emploie des engrais comme la poussière d'os, qui n'exercent pas d'action fâcheuse sur la germination, la fumure par places est excellente, et on a tout intérêt à l'appliquer. Dans ce mode de fumure, l'addition de petites quantités d'os broyés exerce souvent une très-bonne action: ces os rendent plus rapide et plus vigoureuse la croissance de la plante. Or, ce sont là, comme le savent bien tous les cultivateurs expérimentés, les conditions les plus avantageuses. Plus tôt pousse la plante au début, plus tôt elle échappe aux insectes. Les feuilles, en se développant plus rapidement, assurent la production du sucre dans la racine, et, en abritant le sol, le préservent contre la sécheresse. — La solubilité facile de l'engrais est aussi, dans la fumure par places, une des conditions du développement rapide des plantes.

L'analyse de la betterave, faite à différentes époques de sa végétation, devrait indiquer quelle est la nature et la quantité des principes assimilables dont elle a besoin dans les diverses phases de son développement. Nous donnons ci-dessous, d'après

Bretschneider, le tableau des matières contenues par hectare dans une plantation de betteraves.

	Combinaisons azotées. k^{os}	Cellulose. k^{os}	Sucre. k^{os}	Cendres. k^{os}	Autres éléments. k^{os}	Total. k^{os}
au 29 Juillet .	79,72	44,98	173,36	31,32	99,04	428,40
au 9 Août . .	283,64	150,24	710,52	103,46	271,34	1519,20
au 31 Août. .	534,56	294,62	2071,92	236,40	412,10	3549,60
au 15 Septembre	685,58	387,92	2929,20	233,50(?)	414,88	4651,20
au 30 Septembre	806,80	430,64	3843,34	250,96	464,26	5796,00
au 16 Octobre	862,54	431,28	4488,02	257,28	478,48	6717,60

Les principes assimilables doivent donc se trouver à ces mêmes époques à l'état de dissolution dans le sol en quantités proportionnelles à celles qu'absorbe la plante. A la fin d'Août, par exemple, la betterave s'était assimilé à peu près la totalité des éléments minéraux dont elle avait besoin. Ce fait confirme ce que nous avons dit plus haut, à savoir, qu'un excès de principes dissous, assimilables, dès le début de la végétation, est avantageux pour la plante: il facilite son développement, toujours trop lent, et fortifie ses organes. Peut-être aussi peut-on obtenir de la sorte des betteraves de meilleure qualité, car il reste à la plante plus tôt grandie une période plus longue pour parfaire son développement.

La betterave étant cultivée au point de vue de la fabrication du sucre, il va de soi qu'on ne doit employer les engrais qu'à l'état de combinaisons inoffensives pour le sucre. Ainsi, la potasse, par exemple, ne doit pas être donnée à l'état de chlorure ou d'azotate, mais sous forme de carbonate ou de phosphate. — Cette simple précaution donne des jus beaucoup plus faciles à travailler en fabrique, en même temps qu'elle augmente, dans des proportions souvent notables, le rendement en sucre.

Suivant les circonstances locales, on emploie, comme engrais, des substances très-diverses. Nous passerons rapidement en revue les plus usitées.

Les *engrais verts* paraissent avoir été connus et employés les premiers, la nature en donnant, pour ainsi dire, l'exemple dans les forêts et les prairies naturelles. Déjà les anciens Romains enfouissaient la luzerne, la seconde année, pour fumer la terre. En Chine et dans l'Amérique du Nord, le trèfle rouge n'est pas fauché, on ne l'utilise qu'en le laissant dans le sol comme engrais. Dans quelques districts de l'Amérique du Nord, sur les champs épuisés, on fait pousser deux ou trois fois de suite du maïs dans la même année: la plante encore verte et drue est enfouie chaque fois avec ses feuilles, et apporte ainsi de nouveaux engrais à la terre. En Angleterre, en Allemagne, en France, on emploie pour le même but le sarrazin, la vesce d'hiver ou à fourrage, le trèfle de seconde coupe, le lupin, l'asperge, etc. On enfouit ces récoltes au commencement de leur floraison; la chaleur de l'air et celle du sol déterminent rapidement la décomposition de ces matières organiques chargées de sucs, qui, réparties dans toute la terre plus uniformément que tout autre engrais, lui apportent une riche provision de nourriture organique empruntée, pour les trois quarts, à l'atmosphère.

Les engrais verts, en se transformant dans le sol, donnent naissance à des produits gazeux, comme l'ammoniaque, l'acide carbonique, etc., que la terre peut absorber presque intégralement, tandis que la décomposition de tous les autres engrais est habituellement accompagnée de pertes nombreuses.

Les engrais verts paraissent surtout avantageux pour la betterave, parce qu'ils ne sont pas brûlants, qu'ils n'introduisent dans la racine aucun excès des matières, (d'origine organique ou minérale), qui rendent plus tard si difficile la séparation du sucre. Dans l'intérêt de la fabrication, on doit donc estimer davantage la betterave venue sur un engrais vert que sur toute autre fumure.

Quant à la question de savoir si les engrais verts sont avantageux pour le cultivateur, elle doit être résolue par le

calcul dans chaque circonstance particulière. En tous cas, les engrais verts sont presque indispensables, dans les pays peu habités, comme la Russie, la Hongrie, où les fermages sont à bon marché, où la main-d'œuvre est coûteuse. On épargne ainsi les frais de récolte, de transport, et plus tard les frais d'épandage du fumier. D'ailleurs, dans ces pays, les engrais artificiels reviennent habituellement très-cher par suite de la difficulté des communications. Enfin, il faut ajouter en faveur des engrais verts, qu'on peut, dans les pays méridionaux, semer immédiatement après la moisson, une plante à feuillage abondant, et l'enfouir à l'arrière-saison. On pourrait donc avec ces engrais améliorer à peu de frais la productivité en betterave de sols pauvres par eux-mêmes.

L'engrais vert produit la même effet que le fumier d'un troupeau qui consommerait une quantité triple de fourage vert.

Le *fumier d'étable* est, dans tous les pays, l'engrais le plus employé. Il renferme presque tous les éléments qui sont nécessaires aux cultures ordinaires et que les récoltes enlèvent au sol. Pour les betteraves, une fumure fraiche avec cet engrais donne bien une récolte plus abondante, mais le suc des racines ainsi obtenues est impur, chargé de matières organiques et minérales, et comme nos méthodes de fabrication ne nous permettent pas d'éliminer totalement ces corps étrangers, on obtient en réalité moins de sucre cristallisable.

On doit donc en général, au point de vue de la fabrication éviter, comme nous l'avons déjà dit, de planter de la betterave sur une fumure fraiche de fumier, bien que la qualité des racines obtenues dans ces conditions et leur valeur au point de vue de la production du sucre puissent varier avec la nature du sol. Tous les fabricants entendus des pays producteurs sont, nous le répétons, unanimes sur ce point, qu'il vaut mieux semer la betterave seulement la seconde année de la fumure, alors qu'une première récolte a déjà consommé 50 à 60 % de l'engrais, et n'a laissé dans le sol qu'une dissolution moins concentrée de ses principes.

Les betteraves ainsi récoltées sur un engrais ancien ou affaibli se conservent mieux que les autres, pour lesquelles on a toujours à craindre l'inversion du sucre et des défécations difficiles, par suite des nombreux principes fermentescibles que renferment les racines. Avec des fumures récentes, les meilleurs procédés de fabrication laissent encore dans le jus une forte proportion de sels et de matières azotées, qui retiennent dans les mélasses une grande partie du sucre. Avec des betteraves plus faiblement fumées, on obtient des jus plus purs; on peut, par suite arriver à une élimination plus complète des matières qui s'opposent à la cristallisation du sucre, et atteindre un meilleur rendement.

La composition du fumier d'étable varie naturellement suivant la nature de la paille employée au compost, suivant la quantité et la composition du fourrage, suivant l'espèce même du bétail, son âge, son état d'entretien.

100 parties de fumier ancien de cheval contiennent approximativement, d'après Colbeck et Richardson:

Carbone	13,21	matières organiques	24,71
Hydrogène	1,86		
Azote	0,62		
Oxygène	9,02		
Potasse	0,33	matières inorganiques	10,06
Soude	0,29		
Chaux	0,99		
Magnésie	0,19		
Oxyde de fer	0,21		
Acide phosphorique	0,81		
Acide sulfurique	0,33		
Acide carbonique	0,52		
Acide chlorhydrique	0,33		
Silice	2,78		
Sable	3,28		
Eau			64,96
		Total	99,73

On peut employer comme engrais les *Excréments solides ou liquides* des animaux domestiques, sans mélange. Rogier donne les compositions suivantes pour les excréments solides de ces animaux.

	Excréments de porc. % parties.	Excréments de vache. % parties.	Excréments de brebis. % parties.	Excréments de cheval. % parties.
100 parties de substances fraiches contiennent, en eau	77,13	85,45	56,47	77,25
100 parties de substances desséchées donnent, en cendres	37,17	15,28	13,49	13,36
100 parties de cendres contiennent:				
Potasse	3,60	2,91	8,32	11,30
Soude	3,44	0,98	3,28	1,98
Chlorure de sodium . .	0,89	0,23	0,14	0,03
Phosphate de fer . . .	10,55	8,93	3,98	2,73
Chaux	2,03	5,71	18,15	4,63
Magnésie	2,24	11,47	5,45	3,84
Acide phosphorique . .	0,41	4,76	7,52	8,93
Acide sulfurique . . .	0,90	1,77	2,69	1,86
Acide carbonique . . .	0,60	—	—	—
Silice	13,19	62,54	50,11	62,40
Oxyde de manganèse . .	—	—	—	2,13
Sable	61,37	—	—	—

Il est facile de voir, d'après ces compositions, combien l'action des divers engrais peut être différente pour la qualité de la betterave.

La pratique montre que les fumiers de vache et de cheval donnent des betteraves meilleures que les fumiers de porc et de brebis. Ces deux derniers contiennent une beaucoup plus forte proportion de soude qui empèche la cristallisation du sucre. En même temps, ils renferment moins d'acide phosphorique, élément favorable au développement de la racine.

Les excréments liquides sont très-riches en principes facilement assimilables, et forment d'excellents engrais. Payen a trouvé 1,5 % d'azote dans l'urine de vache, Boussingault 1,5 % dans celle du cheval, 1,15% dans celle de l'homme.

Un poids donné d'urine représente au moins comme effet utile cinq fois son poids de fumier d'étable. Aussi, les fabricants ont-ils soin de recueillir l'urine sur de la poussière ou des menus de charbon ou de houille. On obtient ainsi un engrais pulvérulent, sans odeur, et très-bon pour la culture des betteraves.

Les *os*, quand ils sont broyés, ont une valeur particulière pour la production des betteraves: l'expérience a en effet demontré partout que les betteraves engraissées avec des os ont une chair plus ferme, qu'elles se conservent mieux pendant l'hiver, et se travaillent plus facilement en fabrique.

Les os sont composés de:

Phosphate de chaux	51 à 58%
Carbonate de chaux (et magnésie)	6 à 8%
Substances organiques	24 à 28%
avec une quantité d'azote variable de	4 à 6%.

Schmidt de Dorpat a étudié des os provenant de Russie et qui étaient restés exposés à l'air durant de longues années; il a trouvé les résultats suivants: 100 parties séchées à l'air ont donné à l'analyse:

Eau	9,312
Substances organiques	9,563
Acide carbonique	0,181
Éléments minéraux	80,944
Acide phosphorique	31,421
Fluorure de calcium	0,438
Chaux	38,507
Magnésie	0,806
Potasse	0,487
Soude	1,284
Chlorure de sodium	traces
Oxyde de fer	0,528
Sable (traces d'argile)	6,128
Azote total	0,801.

L'acide phosphorique, dont les os renferment souvent deux fois plus que le guano, est la partie essentiellement active de

cet engrais: il suffit, pour s'en assurer, de constater les résultats obtenus sur certaines terres, (apparemment très-pauvres en phosphates), au moyen des os calcinés à blanc, et ne pouvant plus dégager d'ammoniaque. On a aussi remarqué que les os, desséchés et réduits en poudre fine, ont une action plus rapide et meilleure, que les os entiers et non desséchés, bien que ces derniers renferment plus de substance gélatineuse susceptible de former de l'ammoniaque.

La quantité d'os broyés à employer comme engrais varie de 400 à 600 k°° à l'hectare. Une proportion plus forte ne parait pas augmenter le rendement comparatif de la récolte. Pour assurer la solubilité dans le sol de leurs principes, on traite souvent les os par de l'acide sulfurique qui se combine avec la moitié de la chaux pour donner un sulfate insoluble. Il reste un phosphate acide de chaux facilement assimilable par la plante. Cet emploi d'un acide ne me parait pas devoir être préconisé. La préparation la plus avantageuse, et peut-être aussi la plus rationnelle, consiste à verser, sur les os réduits en poudre aussi fine que possible, du purin de fumier. On a soin de mélanger au préalable ces os avec du terreau ou de la paille hachée, et d'en former un tas qu'on recouvre de ces mêmes matières. — Les os, qui ne contiennent que le tiers de l'azote du guano, s'assimilent ainsi une notable proportion de cet élément, et valent les meilleurs engrais. Il se produit en même temps une fermentation putride qui dissout les principes solides, et les amène sous une forme facilement assimilable par la plante.

On trouve un grand avantage à mélanger les os en poudre fine avec du fumier d'étable. Des os entiers, mêlés à du fumier de cheval, et soumis longtemps, en tas, à la fermentation putride, peuvent même être désaggrégés de la sorte. Les engrais composés qu'on obtient ainsi sont toujours d'une action plus sûre.

La phosphorite en poudre, provenant du gouvernement de Kursher dans la Russie méridionale, présente, d'après les analyses du Docteur Schmidt, la composition suivante:

	A.	B.
Eau évaporée jusqu'à 150°	1,005	0,929
Eau restée après 100° et substances organiques	2,704	2,497
Acide sulfurique	1,044	0,936
Acide phosphorique insoluble dans l'eau . .	21,707	20,682
Acide carbonique	4,478	3,617
Chaux	31,379	26,875
Magnésie	0,279	0,396
Potasse	0,355	0,423
Soude	0,499	0,502
Chlorure de Sodium	0,055	0,064
Fluorure des calcium	1,811	1,689
Oxyde de fer	0,433	0,626
Alumine	1,452	0,273
Silice	18,822	16,420
Sable et pertes	13,919	24,089

Les déchets de noir d'os contiennent sur 100 parties desséchées:

Eau et substances organiques	7,06
Carbone	8,81
Acide phosphorique insoluble dans l'eau .	32,72
Acide sulfurique	0,21
Acide carbonique	1,19
Fluorure de calcium	0,44
Chaux	36,09
Magnésie	0,79
Potasse	0,06
Soude	0,28
Chlorure de Sodium	0,18
Oxyde de fer	0,48
Sable	11,69
	100,00.

D'après E. Wolff, on obtient à l'hectare, avec 400 k

400 k^{os} d'os en poudre, (moyenne de 35 expériences). . . . . 7,808 k^{os} de betteraves

400 k^os^ d'os traités par l'acide sulfurique (13 expériences) . .	32,916 k^os^ de betteraves	
400 - d'os en poudre traités par l'acide chlorhydrique (4 expériences)	40,896 - - -	
400 - d'os calcinés, traités par l'acide sulfurique (3 expériences) ..	31,128 - - -	
400 - d'os calcinés (15 expériences)	8,428 - - -	

En Angleterre, on compte 16 Bushels à 49 livres par acre (330 k^os^ à l'hectare), comme une forte fumure, et on n'en emploie que la moitié seulement quand on mélange les os à d'autres engrais [1]. Nous appelons l'attention sur la phosphorite de Russie, parceque l'on pourrait peut-être trouver à l'exporter pour d'autres pays d'une manière avantageuse: le prix est de 8 francs les 100 kilogrammes.

Le *Guano* constitue pour les betteraves un engrais avantageux, parcequ'il peut s'employer avec les sols de toute nature, qu'il est facile à transporter, et que son action est assurée. On le mélange à l'état humide avec de la terre, et on le répand à la main en couche mince. Sa composition est très-variable: les diverses sortes contiennent:

Eau	de 6 à 40%
Substances ammoniacales .	de 20 à 66% (3 à 17% d'azote).
Phosphates terreux	de 16 à 70%.

Il a d'autant plus de valeur qu'il contient davantage de combinaisons ammoniacales et phosphatées, c'est-à-dire qu'il a été moins lavé par les pluies. Son action est particulièrement marquée dans les saisons humides, mais il est très-nuisible à la germination de la graine; par suite, on ne doit jamais le mettre en contact immédiat avec celle-ci. Ajouté à d'autres engrais dans la proportion de 200 k. par hectare, il donne de très-belles récoltes. Employé avec des os en poudre, il est très-avantageux pour la culture de la betterave. La solubilité facile de ses principes ammoniacaux fournit à la plante, pendant

1) On trouve depuis quelque temps dans le commerce, sous le nom de Sombrero-phosphate, un minéral blanchâtre ou gris, qui contient de 60 à 80% de phosphate de chaux, et qui, dissous par l'acide sulfurique, peut remplacer les os.

sa jeunesse, la nourriture dont elle a besoin, et cette action perd de son intensité pendant la période de maturité. Les betteraves récoltées sur du guano se laissent travailler assez facilement, pourvu qu'on n'ait pas employé cet engrais en trop grande quantité.

Les *Tourteaux* contiennent:

Enveloppes et filaments ligneux . .	25,0
Sucre, dextrine, pectine	17,7
Substances azotées	20,8
Huile	12,8
Eau	14,9
Cendres, sable	8,8
	100,0.

Les tourteaux constituent un engrais à action rapide, facile à transporter. On doit les enfouir au printemps, quelques jours avant les semailles, et à une profondeur d'une dizaine de centimètres, car placés, à l'état frais, immédiatement en contact avec la graine, ils nuisent à la germination.

La facilité avec laquelle ils se décomposent assure à la plante une nourriture convenable dans la 1re période de la végétation, sans qu'ils lui apportent les éléments salins nuisibles à la fabrication. Les tourteaux agissent surtout dans les années humides ou après les pluies; dans les années sèches, ils ne produisent que peu d'effet.

La quantité de cet engrais qu'on emploie pour les betteraves varie de 4 à 1,600 k°s par hectare, suivant l'état du sol. Il faut d'ailleurs observer que les tourteaux attirent les insectes sur les champs de betteraves, et peuvent ainsi amener quelque dégât.

Mélangés avec les os broyés, ils donnent des betteraves d'excellente qualité au point de vue de la fabrication, et ce résultat justifie leur emploi général. — La fabrique de sucre de Czakowitz en Bohême est peut-être, du monde entier, celle qui emploie le plus les tourteaux comme engrais. Elle en obtient des cultures très-fortes et qui peuvent servir de modèle.

Les *Cendres* ne sauraient, à proprement parler, être considérées comme un engrais complet, car elles ne consistent qu'en matières minérales, qui, seules, ne pourraient fournir à la betterave les éléments nutritifs nécessaires. On ne peut conseiller leur emploi, pour cette culture, qu'à petite dose et comme complément. Données en grandes quantités, elles produisent des betteraves si chargées de sels, que le travail ultérieur devient très-difficile.

Les cendres de hètre sont composées, d'après G. Heyer, de

Oxyde de fer	0,5
Oxyde de manganèse . .	0,9
Chaux	39,7
Magnésie	10,0
Potasse	13,2
Soude	3,0
Silice	6,2
Acide phosphorique . . .	6,0
Acide sulfurique	0,5
Chlore	0,06
Acide carbonique	19,6

J'ajouterai ici l'analyse des cendres de paille de blé telles que je les emploie pour la fumure à Kalinofska:

100 parties séchées à l'air:

	Cendres non lavées.	Cendres lavées residu de Potasserie.
Eau	6,679	5,732
Carbone	11,308	4,924
Acide sulfurique	1,307	1,307
Acide phosphorique . . .	3,456	3,293
Acide carbonique	4,977	7,180
Chaux	7,116	10,796
Magnésie	3,671	1,910
Potasse	10,172	2,815
Soude	0,298	0,280
Chlorure de sodium . . .	1,168	0,058
	50,152	38,195

Report	50,152	38,195
Fluorure de calcium . . .	traces	traces
Oxyde de fer	0,524	1,060
Silice	35,738	25,686
Oxyde de manganèse . . .	traces	0,258
Sable et pertes	13,586	6,230
Argile non attaquable par l'acide chlorhydrique. .	—	29,682
	100,000	100,000.

La *Chaux* exerce souvent sur les betteraves une action très-efficace, bien qu'on ne puisse la considérer directement comme un engrais. Non seulement elle fixe les acides libres du sol et prévient leurs effets nuisibles, mais elle sert aussi à décomposer les combinaisons organiques et minérales peu solubles que contient la terre, elle les rend solubles et propres à nourrir la végétation. La chaux revivifie ainsi et rend profitables les trésors inertes dans le sein de la terre, elle amène la reconstitution plus rapide du capital, résultat considéré, dans le monde entier, comme un avantage considérable. La chaux est donc, pour le fabricant, un moyen, souvent précieux, d'obtenir de bonnes betteraves dans une période aussi courte que possible. Elle ne pourrait exercer d'action fâcheuse que si on l'employait en doses trop fortes, capables de dégager des substances organiques plus d'ammoniaque que n'en peut retenir le sol. Le proverbe que la chaux enrichit les pères et ruine les fils n'est donc pas justifié pour le fabricant de sucre: la chaux n'a pas pour conséquence d'amener l'épuisement du sol, par des prélèvements prématurés, mais bien de faire rendre plus tôt à la terre les intérêts du capital mort qu'elle renferme.

Naturellement, la chaux n'est utile que là où le sol renferme en grand nombre, et non décomposés, des minéraux et des matières organiques, là où la terre n'est, par elle même, ni assez chaude, ni assez active, pour élaborer, sans auxiliaire, tout ces principes précieux. La chaux est donc le moyen d'assurer l'utilisation la plus prompte des engrais, et c'est à ce titre qu'on la mélange dans les composts.

La chaux décompose les substances organiques, et c'est grâce à sa présence que la putréfaction nuisible des plantes se transforme en une fermentation avantageuse au végétal. En ce qui concerne son action sur les matières minérales du sol, les phénomènes sont très-clairement exposés par J. Liebig (Lettres sur la chimie, 4e édition, page 216). Il faut, pour les comprendre, se rappeler les moyens auxquels ont recours les chimistes pour désaggréger en peu de temps un minéral et en amener les éléments sous une forme soluble:

"Le feldspath, par exemple, pulvérisé en poudre aussi fine que possible, a besoin, pour se dissoudre, de l'action d'un acide prolongée pendant des semaines ou des mois entiers. Mais mélangeons-le avec de la chaux et soumettons-le à une chaleur rouge modérément forte: la chaux se combine chimiquement avec les éléments du feldspath; une partie de la base (potasse), qui existe dans le feldspath, est mise en liberté, et il suffira maintenant de traiter à froid le mélange par un acide, pour dissoudre, non seulement la chaux, mais aussi les autres éléments du feldspath. La chaux dissoute se comporte avec la plupart des argiles basiques, des silicates, comme elle fait avec le feldspath. Il suffit de laisser longtemps en contact ces matières à l'état humide. Si l'on mélange deux parties, l'une de lait de chaux, l'autre de terre à foulon ordinaire (ou de terre à pipe), en présence de l'eau, l'action se manifeste instantanément, et si on les abandonne à elles-mêmes dans cet état pendant plusieurs mois, l'argile décomposée par le lait de chaux se prend en masse gélatineuse lorsqu'on la traite par un acide: elle doit exclusivement cette propriété à son contact avec la chaux. La chaux se combine avec une partie des éléments de l'argile qu'elle dissout, et, ce qui est encore plus remarquable, la majeure partie des bases que renfermait la matière reste à l'état de liberté. Ces belles expériences ont été faites, la première fois, par Fuchs à Munich. Elles expliquent entre autres l'action de la chaux caustique, en dissolution, sur la terre végétale. Elles donnent au cultivateur un moyen précieux pour décomposer et dissoudre les éléments du sol, pour mettre

en liberté les bases dont ne sauraient se passer les plantes, et la betterave en particulier.“

On comprend facilement, d'après ce qui précède, comment il arrive souvent que les amendements calcaires améliorent la betterave pour la fabrication du sucre, comment les racines provenant d'un sol naturellement riche en chaux donnent toujours des jus très-purs.

Les *Résidus* de la fabrication du sucre forment un bon engrais, parce qu'ils restituent au sol au moins une partie des principes que lui enlèvent les récoltes.

Les *Écumes de défécation* desséchées contiennent, d'après Hoffmann, sur 100 parties

Eau	4,45		
Matières minérales	50,7	100,00	
- organiques	44,85		
Carbonate de chaux	16,60		
Chaux	17,36		
Magnésie	1,90		
Oxydes de fer et d'alumine	8,00		
Potasse, Soude	0,39		
Chlore	trace		
Acide sulfurique	0,05		
- phosphorique	1,90		
Matières organiques	44,85	Azote	1,579
Eau	4,45	Albumine	9,995
Résidu	4,50		
	100,00.		

Nous donnerons ici quelques analyses nouvelles faites par Stammer sur les écumes de défécation:

	travail par presses.		travail par diffusion.
	I.	II.	
Eau	58,14	54,02	57,90
Sucre	4,66	24,57	4,57
Autres matières organiques	18,94		15,23
Azote des matières organiques	1,05	1,10	0,51
Acide carbonique	2,84	3,50	3,75
Acide sulfurique	0,15	0,25	0,13
Chlore	0,05	-	0,05
Acide phosphorique	1,34	1,67	1,83
Chaux	10,40	11,48	12,60
Oxyde de fer	0,50	0,57	0,50
Magnésie	1,05	1,10	1,52
Alcalis	0,24	0,25	0,53
Sable	1,51	2,44	0,18

Du reste, cette composition doit varier notablement avec les fabriques, suivant la qualité des betteraves, la quantité de chaux ajoutée, la méthode de défécation, etc. 100 k^os^ de betteraves donnent, au maximum, 2 à 3 k^os^ d'écumes fraiches, et 1 k. 50 environ d'écumes desséchées (contenant 4 % d'eau). L'action des écumes comme engrais est avantageuse.

Les résidus de la saturation sont encore en moindre quantité: 0,18 environ pour 100 de betteraves. Leur composition, d'après Hoffmann, est la suivante:

Carbonate de chaux	59,09
Chaux	3,16
Sulfate de chaux	0,68
Oxyde de fer, alumine	3,75
Matières organiques	27,32 (azote 0,65)
Résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique	1,00
Eau	5,00
	100,00

[Dans un remarquable rapport sur l'agriculture flamande en 1867, M. Corenwinder insiste sur la valeur, comme engrais, des résidus de la fabrication du sucre. D'après lui, les écumes de défécation constituent un amendement précieux pour les

prairies humides: dans ce cas, elles agissent surtout par leur excès de chaux qui neutralise l'acidité du terrain, pour détruire les prêles et les mousses. C'est aussi un engrais avantageux pour les trèfles, les luzernes, les turneps. La betterave s'en trouve bien à dose modérée; 30,000, ou 50,000 k. à l'hectare produisent en général un bon effet. Comme amendement, les écumes remplacent avantageusement la marne dans les sols argileux et compacts. M. Corenwinder assigne aux écumes de défécation fraiches la composition suivante:

Eau	52,70	1,50 à 1,75 seulements pour les tourteaux des filtres-presses.
Sucre	3,50	
Matières azotées, albumine etc.	3.72	
Phosphate de chaux . . .	4,77	
Chaux silice, fer etc. . . .	26,07	
Matières organiques non azotées	9,24	

les matières azotées donnent 0,596 % d'azote: à ce point de vue elles feraient plus d'effet que 100 k. de tourteaux.]

La *Mélasse* varie suivant la nature de la betterave et la méthode de fabrication. Elle donne de 9,5 à 10 % de cendres, et sur ces chiffres, 90 % consistent en alcalis.

Bretschneider donne, pour la composition de ces cendres, les renseignements suivants:

Silice	0,32	
Oxyde de fer . . .	0,08	
Chaux	0,29	
Magnésie	0,78	
Chlorure de potassium	22,81	. . . 22,81
Potasse	57,96	. . 67,38 (Potasse + Soude)
Soude	9,42	90,19 d'alcalis
Acide phosphorique .	0,85	
Acide sulfurique . .	1,59	
	100,00	

[M. Corenwinder a examiné les salins produits par des mélasses de différentes provenances; le tableau suivant rend compte des résultats obtenus.]

Composition des salins.	provenance de la mélasse			
	Allemagne.	France.		
		Puy de Dome.	Aisne.	Nord.
Carbonate de potasse . .	43,71	55,82	45,30	30,37
Carbonate de soude . . .	14,20	5,54	13,86	21,49
Chlorure de potassium . .	15,52	8,85	17,02	19,31
Sulfate de potasse . . .	8,05	17,59	8,00	10,91
Eau, charbon, mat. insol.	18,52	12,20	15,82	17,92

La quantité des matières organiques azotées est très variable dans la mélasse: depuis un chiffre insignifiant, jusqu'à 12 %. Ce peut être là le motif de la valeur très différente qu'on lui assigne comme engrais dans les divers pays. Cependant, il est impossible qu'elle soit absolument sans action. Elle contient beaucoup d'alcalis qui, soit directement, soit surtout indirectement, exercent un effet puissant sur la nutrition de la plante. Ces matières, en effet, qu'elles soient données à l'état de dissolution ou sous forme de cendres, désaggrègent les principes minéraux du sol et activent la décomposition des substances organiques. 100 k^{os} de betteraves donnent 2 k. 5 de mélasse.

En somme, 900 kilogr. de mélasse donnent, par incinération 100 kilogr. de salin; or, si d'autre part on considère que 900 kilogr. de mélasse renferment:

10 kilogr. d'azote
5 - d'acide phosphorique
90 - de sels de potasse

et si l'on tient compte de la valeur de ces substances comme engrais, on trouve que les 100 kilogr. de salin représentent une valeur quatre fois moindre que celle de la mélasse dont ils proviennent. A ce point de vue, il y aurait peut-être intérêt à concentrer seulement les vinasses jusqu'au point où elles deviendraient transportables, et à ne pas détruire par incinération les matières organiques qu'elles contiennent et dont l'agriculture pourrait tirer un si grand profit.

Les eaux de lavage des betteraves et du noir sont également riches en principes fertilisants.]

J'emprunte encore à l'ouvrage de Fuhling (le cultivateur praticien de betteraves) la table suivante, qui indique, pour différents engrais, leur teneur en azote, en potasse et en acide phosphorique.

Nature de l'engrais.	100 K^os^ d'engrais contiennent en moyenne		
	azote.	potasse.	acide phosphorique.
Guano du Pérou	15 K^os^	3 K^os^	12 K^os^
Tourteaux	4,5 -	1,5 -	2 -
Poudre d'os	5 - (?)	— -	23 -
- - desséchée	4,5 -	— -	24 -
- - traitée par l'acide sulfurique	3 -	— -	17 -
Excréments humains solides (74% d'eau)	1 -	0,5 -	1,2 -
Bonne poudrette	3 -	3 -	4 -
Poudrette desséchée	10 -	8 -	12 -
Sang desséché	10 -	4 -	8 -
Cendres de bois (Chêne)	— -	13 - (8,4)	6 - (3,5)
Viande (d'après Johnson)	5,5 -	0,5 -	8 -
Fumier d'étable	0,4 -	0,5 -	0,2 - à 0,6

Quant à la quantité de chaque engrais qu'il faut donner à un sol pour entretenir sa fertilité, on ne peut que formuler des hypothèses dont la pratique doit confirmer l'exactitude et la valeur. La théorie qui admet que la fabrication n'enlève à la betterave que du sucre ou une substance privée de toute matière azotée ou minérale, que les résidus renferment tout le reste des éléments pris au sol et le lui restituent, cette théorie, dis-je, est loin d'être exacte: la défécation, l'évaporation et la cuite des jus développent en effet de l'ammoniaque que nous ne pouvons ni recueillir ni fixer; le noir absorbe beaucoup de sels, (potasse etc.), qui ne font plus retour au sol; enfin, les résidus de la pulpe ne servent qu'en partie comme engrais, car ils sont d'abord utilisés comme nourriture du bétail. Ces faits pourraient bien confirmer la règle pratique que, par hectare de betteraves, il faut ajouter aux résidus de la récolte le fumier provenant de 3,000 k^os^ de fourrage.

Le tableau suivant indique: 1°, combien 30,000 k^os^ de betteraves enlèvent d'engrais au sol; 2°, combien ces 30,000 k.

mis en fabrication restituent de matières à la terre; et 3°, la perte résultant de la fabrication qu'il faut ajouter en nouvel engrais. 30,000 k. de betteraves, à 80 % de jus donnent 20 % de pulpe, soit 6,000 k. ou 1600 k. à l'état sec. Cette pulpe, mangée par le bétail, donnera, (à 1¾ pour 1), 2800 d'engrais sous forme de fumier d'étable.

Eléments de l'engrais	1200 k^os de fumier correspondant à 1600 k^os de pulpe sèche, contiennent	les écumes de défécation de 30,000 k^os donnent	la mélasse de 30,000 k^os de betteraves contient	total des principes nécessaires restitués	30,000 k^os de betteraves enlèvent au sol	perte par la fabrication
	k^os	k^os	k^os	k^os	k^os	k^os
Potasse	45,20	2,00	38,64	85,84	150,00	64,16
Soude	7,92	—	6,28	14,20	30,60	16,40
Chlorure de sodium	0,12	—	15,02	15,14	—	—
Oxyde de fer . .	10,92	40,00	0,08	51,00	6,50	—
Chaux	18,52	132,00	6,18	156,70	40,00	—
Magnésie . . .	15,36	8,40	0,52	24,28	26,00	1,72
Acide phosphorique	35,72	9,40	0,50	45,62	47,76	2,14
Acide sulfurique .	7,44	0,20	1,06	8,70	16,98	8,28
Silice . . .	249,60	2,00	0,20	251,80	30,00	—
Oxyde de manganèse	8,60	—	—	8,60	—	8,60
Azote	28,00	7,20	6,00	41,20	78,00	36,80

Il faudra donc, pour rendre au sol ce que lui a pris la végétation, ajouter, sous forme soluble, aux résidus de la fabrication, les quantités suivantes, par hectare:

65 k^os de potasse
17 - de soude (?) (voir page 49.)
2 - de magnésie
3 - d'acide phosphorique
9 - d'acide sulfurique
37 - d'azote.

Ce sont donc aussi ces matières qui, le plus habituellement, font défaut au sol, et dont l'addition a, le plus souvent, les meilleurs effets, tant sur la quantité que sur la qualité des

betteraves. — Il va sans dire, toutefois, que les chiffres qui précèdent n'ont rien d'absolu, et ne doivent être considérés que comme une moyenne approximative.

Chapitre III.

Ensemencement.

La semence est la partie du végétal qui renferme le germe susceptible de donner naissance à une nouvelle plante; c'est l'organe immédiat et le plus général de la reproduction. On distingue, dans la semence, l'enveloppe et la graine.

Pour la betterave, la semence consiste en un sac, ou capsule dure, qui contient de trois à cinq graines capables de germer. Chaque graine se compose du germe proprement dit, et d'une partie destinée à nourrir le jeune embryon. Dès que, sous l'influence de l'humidité, la capsule s'est assez ramollie pour que cette humidité ait pu atteindre la graine elle-même, celle-ci se gonfle, brise son enveloppe, et la plante commence à se développer. En même temps, par suite d'une action chimique, l'amidon contenu dans la graine se transforme: il devient propre à nourrir la plante, jusqu'à ce que celle-ci puisse, par les racines qu'elle produit, chercher ailleurs son alimentation. Il est intéressant d'observer comment, en même temps que les deux premières feuilles, il se développe une petite racine qui s'enfonce verticalement dans le sol, quelle que soit la position dans laquelle était tombée la graine. Si l'on examine la plante, au moment où ses deux premières feuilles sortent de terre, on trouve que la racine est déjà relativement longue, bien que très-fine; elle a de 3 à 4 centimètres. La racine semble donc se développer avec une très-grande énergie, jusqu'au moment où, une ou deux semaines après la germination, les feuilles sont elles-mêmes devenues assez fortes pour contribuer de leur côté à la croissance ultérieure de la plante.

La germination d'une semence de bonne qualité dépend des conditions d'air, d'humidité et de chaleur où elle se trouve

placée. Ces trois facteurs doivent agir simultanément, et en proportions déterminées, pour que le germe se développe robuste et sain. Qu'un de ces trois éléments soit supprimé, l'on n'obtiendra plus une plante normale, mais un végétal d'une organisation plus ou moins maladive.

1) L'air atmosphérique est un agent nécessaire de la germination, et l'oxygène qu'il renferme parait en être l'élément actif; la semence, en germant, absorbe en effet beaucoup d'oxygène, et dégage un volume équivalent d'acide carbonique (Saussure). Comme la respiration, la germination est impossible sans le concours de l'oxygène de l'air, car, dans tous les cas, en même temps que l'amidon contenu dans la graine se transforme en corps solubles et assimilables par la plante, (gomme et sucre), les corps azotés de la semence absorbent de l'oxygène. Si la graine de betterave peut germer dans l'eau, cette action est due précisément à l'air que la semence trouve en dissolution dans ce liquide. Qu'on prive l'eau de cet air par l'ébullition, la germination cessera de s'effectuer normalement. On n'obtient également qu'une germination maladive dans le vide ou dans une atmosphère, soit d'azote, soit d'acide carbonique, etc.

2) L'humidité joue un rôle tout aussi important: elle agit d'abord pour distendre et ramollir les parois des cellules, facilitant ainsi le déchirement des enveloppes; plus tard, elle est encore nécessaire parce qu'elle assure l'action chimique de l'air et de la chaleur. Toutefois, l'humidité ne doit pas être en excès. Au printemps, la semence absorbe 100 % d'eau (quelquefois jusqu'à 170 %. Voir plus loin); mais elle ne peut en absorber davantage. Un excès d'humidité serait donc inutile, il deviendrait nuisible si son action se prolongeait longtemps.

3) La chaleur est aussi un élément essentiel de la germination qui, elle-même, développe du calorique. Une température trop basse arrête toute germination: ainsi, pendant les froids de l'hiver, les semences que contient le sol restent inactives, bien qu'elles se trouvent en présence de l'humidité. Une tem-

pérature plus élevée, dans certaines limites, jointe à l'humidité nécessaire, assure au contraire la germination, et active le développement de la jeune plante. A une température trop haute, à 40° et au-dessus, le germe se dessèche et meurt.

Les opinions sont partagées en ce qui concerne l'action de la lumière. Lorsqu'on fait germer l'orge pour préparer le malt, on a grand soin de le soustraire à la lumière: dans la terre, la première germination s'effectue dans les mêmes conditions. Beaucoup d'auteurs concluent de là que la lumière est nécessairement nuisible à l'opération, ce qui n'est pas exact: la lumière, il est vrai, peut ralentir la germination, mais seulement parce que la température habituellement plus élevée qui l'accompagne dessèche un peu la graine. Du reste, comme, en réalité, la semence, dans la terre, est soustraite à l'action de la lumière, la question n'a qu'un intérêt médiocre au point de vue pratique. La lumière n'exerce une influence réellement importante qu'au moment où le germe est devenu plante, alors que les premières feuilles sont sorties de terre. A ce moment, son concours est indispensable pour la végétation: elle facilite l'échange des produits gazeux, et contribue à décomposer et transformer les divers éléments qui figurent dans l'organisme du végétal. Toutes les plantes venues à l'ombre ne se développent que d'une manière pénible et maladive. Il en est de même pour la betterave, qui contient moins de sucre quand elle a poussé dans une obscurité même partielle.

Si l'on conserve la graine mûre et sèche dans un endroit sec, la force de germination sommeille, parce qu'il lui manque une des trois conditions de son activité, l'humidité. — La faculté de germination des semences a d'ailleurs une durée très-variable suivant leur espèce. Quelques unes, notamment celle de la betterave, n'ont déjà plus la même valeur au bout de deux ou trois ans; d'autre se conservent parfaitement pendant des milliers d'années (blés des momies égyptiennes).

Après cet aperçu rapide des phénomènes de la germination, nous devons étudier les questions relatives à l'ensemencement des betteraves; mais auparavant, nous examinerons la prépara-

tion du sol au printemps. La terre qui recevra la graine est en effet destinée à lui assurer toutes les conditions nécessaires pour sa germination et sa croissance, par suite, la préparation convenable du sol exerce sur le succès de la récolte une influence capitale.

La germination et le développement de la plante exigent dans le sol comme nous l'avons vu, le concours de l'humidité; aussi, dans beaucoup de pays, a-t-on soin de donner en automne un labour profond, alors que la terre est encore imprégnée d'eau; on se borne au printemps à la herser, puis on sème immédiatement. Ce procédé conserve à la graine et à la jeune plante l'humidité dont elles ont besoin, tandis que les labours de printemps exposent le sol par de grandes surfaces à l'action du vent de cette saison, si desséchant, et font perdre ainsi à la terre, par évaporation, une quantité d'eau proportionnelle à l'accroissement de surface. Comme les sillons ouverts au labour d'automne restent soumis, pendant tout l'hiver, à l'action du froid, leur couche superficielle subit les effets de la dilatation de l'eau qui se transforme en glace: les mottes se brisent, s'émiettent, et le sol arrive à cet état de pulvérisation extrême et d'ameublissement qu'aiment tant les cultivateurs. Il acquiert en même temps cette porosité qui, l'humidité aidant, offre à la jeune plante un point d'appui solide, tandis qu'il peut pénétrer dans la couche arable assez d'air pour assurer le succès de la germination. Enfin, l'humidité de l'hiver concourt vraisemblablement à dissoudre et préparer dans les couches supérieures les éléments nutritifs que doit s'assimiler le végétal.

Il semble donc, d'après cela, rationnel de ne pas labourer au printemps, et d'éviter le piétinement des chevaux ou des bœufs dont les sabots trop pesants compriment la terre, mais de semer la graine immédiatement après le passage de la herse, sans autre préparation du sol. A Magdebourg, ce procédé donne effectivement des résultats très-avantageux. Cependant, on ne saurait poser de règle absolue pour la meilleure méthode de travailler la terre au printemps: il faut toujours se guider sur les circonstances locales, sur la ténacité plus ou moins

grande du sol, sa force absorbante, les influences climatériques ou météorologiques, l'état de la culture, la main-d'œuvre disponible, etc.

Si le champ est mal nettoyé, ou s'il est en mauvais état de culture, la méthode de Magdebourg a l'inconvénient de favoriser au printemps le développement rapide et abondant des mauvaises herbes. Par suite, les jeunes betteraves sont souvent exposées à souffrir pendant leur croissance, ou bien il faut procéder à un premier sarclage soigné et difficile, et cette opération coûteuse rend illusoires les avantages que nous avons signalés ci-dessus.

Si, d'autre part, le sol est compact et humide, il est favorable aux insectes qui se développent ensuite en grande quantité et amènent beaucoup de dégâts. — Ainsi, on ne peut pas détruire les vers blancs, opération très-facile après le passage de la charrue. — D'un autre côté, il se forme très-facilement, surtout après les pluies, une croute qui empèche l'air d'arriver jusqu'à la plante, étouffe celle-ci, ou du moins la gène mécaniquement dans sa sortie de la terre. Il faut briser cette croute à la herse ou au rouleau à dents, et encore n'est-on pas sur d'avoir toujours un résultat favorable pour la levée du plant.

Aussi beaucoup d'agriculteurs préfèrent-ils ouvrir la terre au printemps et la pulvériser à l'aide d'un extirpateur, ce qui permet de ne pas offrir à l'action du vent une trop grande surface exposée à se dessécher.

On se sert particulièrement avec succès, pour cette main d'œuvre, de la houe ou charrue rapide de Horsky, qui donne beaucoup de travail avec peu de force; cet instrument ne retourne et ne pulvérise que la couche supérieure, à une profondeur de 10 ou 12 centimètres; ce qui suffit pour la semence.

Néanmoins, pour les sols très-compacts, on ne saurait se dispenser des labours de printemps, de façon à dessécher et suffisamment ameublir les couches superficielles, avant qu'elles ne reçoivent la semence. M. Lynes en Angleterre recommande spécialement pour ce travail la charrue à pulvériser de Hancok (patent-pulvérisator). Cet outil a un effet extra-

ordinaire, et amène les sols les plus difficiles à un état de division extrême.

En résumé, la préparation du sol au printemps dépend essentiellement, comme nous l'avons déjà dit, de la nature propre de la terre: les sols doux et légers, quoique riches, exigent beaucoup moins de travail, de force et de temps que les autres. Si divergentes que soient d'ailleurs les opinions sur les moyens à employer, tous les cultivateurs de betteraves s'accordent à reconnaître que, pour assurer le succès de la semence et le développement ultérieur de la plante, il faut travailler profondément le sol, de façon que les racines puissent grandir sans être gênées et s'enfoncer profondément. La couche supérieure doit être assez ameublie et assez divisée pour que l'air conserve un accès facile, enfin il faut que l'humidité puisse apporter à la plante la nourriture dont elle a besoin. Il est donc indispensable, surtout dans les pays chauds, de donner après le labour un hersage immédiat, et enfin de déposer la semence sur le champ fraichement préparé, c'est-à-dire que le semoir doit suivre l'extirpateur. Ensuite vient le rouleau, qui rejette la terre sur la semence et nivelle la surface. De cette façon, la graine tombe sur un sol humide, et on n'a plus à redouter une dessiccation ultérieure. Mais si on néglige de herser ou de passer le rouleau, l'air pénétrant dans les inégalités absorbe rapidement son humidité, et cette dessiccation peut avoir pour conséquence un développement au moins plus tardif et plus pénible de la plante.

Il nous reste maintenant à résoudre cette question: quelle est l'époque la plus favorable pour l'ensemencement?

Sur ce point encore, les opinions sont très-partagées. Le moment le plus convenable est évidemment celui qui assure une germination plus rapide et un développement plus robuste de la jeune plante. Or, on a à tenir compte de diverses conditions, savoir:

a) Le degré d'humidité dans le sol. Sans eau, aucune végétation n'est possible. Tandis que les uns veulent conserver, autant qu'il se peut, à la graine toute l'humidité du sol, même

celle des couches superficielles, les autres tiennent comme préférable de déposer la graine dans une terre complétement sèche. A l'appui de cette dernière opinion, on fait remarquer que la terre sèche se mêle plus intimement à la graine, et l'enveloppe mieux que les mottes humides, par suite que la racine trouve plus facilement un point d'appui. Dans le cas particulier où l'on emploie de la graine non préparée, il est certainement préférable de semer sur une terre sèche: la semence peut ainsi rester inerte et sans germer, jusqu'au moment où viennent les pluies, le plant sort alors régulièrement. Dans la terre humide, au contraire, cette même graine commence bien à germer, mais avec trop peu de force, et, s'il survient une chaleur prolongée, la semence court risque de rester paralysée ou d'être entièrement détruite. Mais il n'en est plus de même si l'on emploie des graines préparées comme nous le verrons plus loin, dont la germination s'effectue en quelques jours, quelles que soient les conditions où on les place. Dans ce cas, une terre un peu humide me parait préférable: elle ne peut jamais se dessécher assez profondément pour que les racines, qui descendent en peu de jours à six centimètres dans le sol, ne trouvent pas toujours une humidité suffisante pour leur développement. — Du reste, la dessiccation n'est jamais que superficielle, et elle dépend de l'état de préparation du sol. Plus le dessus est nivelé et solide, moins l'humidité de se dégage. Or, ce nivellement du sol est facile à réaliser, puisque l'on peut toujours passer le rouleau sur la terre immédiatement après les semailles. La dessiccation ne peut donc avoir de bien sérieuses conséquences.

L'humidité du sol dépend également, d'une manière sensible, de la température de la terre et de celle de l'atmosphère. Dans nos pays, (Allemagne et France), la température moyenne de l'air varie entre 8 et 10° R. (10 et 12°,5 centigrades); la température moyenne du sol ne s'écarte de ces limites que de quelques degrés, soit en plus, soit en moins, et plus généralement en moins; les conditions de la dessiccation du sol ne sauraient donc varier très-brusquement. D'après la chronique de Gardener (December 1849), en été, à une température de

+ 18° R. (22°,5 C.), la couche superficielle d'un sol perdit, le premier jour, $^1/_4$ de la quantité d'eau qu'elle renfermait; le second jour, la terre se dessécha jusqu'à une profondeur de 2m.m.,6. L'épaisseur de la couche desséchée continua ensuite à augmenter, mais, en même temps, la quantité d'eau évaporée diminuait chaque jour, jusqu'au moment où la dessiccation complète de la surface rendit impossible toute observation ultérieure. Une température de 18° R. (22°,5 C.), qui ne se rencontre d'ailleurs pas au printemps, n'exerce d'influence nuisible sur les plantes, à une profondeur de 8 ou 10 centimètres, qu'au bout de huit jours environ. Avec les températures habituelles du mois d'avril, le sol ne se dessèche qu'à une profondeur de 5 centimètres au plus. Du reste, la dessiccation ne saurait descendre au-dessous de 10 à 15 centimètres, parce qu'à cette limite une partie de l'humidité parait remonter des couches sous-jacentes. Aussi, toute la question sur les avantages ou les inconvénients de l'humidité du sol pour la semence, se réduit au fond à celle-ci: peut-on soumettre la graine de betteraves à une préparation telle que les racines de la jeune plante aient atteint du 8e au 10e jour une profondeur de 5 centimètres? — Si ce problème est résolu, on peut semer sans inquiétude sur une terre fraiche, pourvu qu'elle se prête bien au labour et ne se prenne pas en mottes, qu'elle ne graisse pas, suivant l'expression des praticiens. Du reste, il importe de distinguer entre une terre *mouillée* et une terre simplement *fraiche.* Dans ce dernier cas, on n'a point à redouter qu'une chaleur prolongée nuise à la semence, car les terres propres à la culture de la betterave ont pour l'eau une force d'absorption qui atteint au moins 50 %.

Le degré d'humidité d'un sol se règle d'ailleurs par la force d'absorption pour l'eau des différentes espèces de terre. Schultze-Fleeth a trouvé en effet, en comparant cette force aux quantités d'eau évaporées dans le même temps, les chiffres suivants:

100 parties de	Retiennent un poids d'eau de	Perdent en 4 heures à une température de 18°,7 C. une quantité d'eau de
Sable quartzeux	25	88,4%
Sable calcaire grossier	29	75,9 -
Glaise maigre	40	52 -
Glaise grasse	50	45,7 -
Terre argileuse	61	34,9 -
Argile pure	70	31,3 -
Terre calcaire fine	85	28 -
Humus	90	20,5 -

On voit que l'évaporation varie en raison inverse de la force d'absorption pour l'eau.

Par suite, l'époque de l'ensemencement doit dépendre essentiellement de la nature du sol. Un terrain doux, léger ou sablonneux se dessèche plus vite, on doit donc le travailler plus tôt qu'un sol plus compact, argileux, par exemple. Dans ces dernières terres, la sécheresse prolongée peut avoir des inconvénients, parce qu'il se forme des glêbes, et que la graine s'incorpore moins facilement à la terre.

b) L'air exerce dans le sol une très-grande influence sur la santé du plant: contenu en quantité considérable dans la couche arable, il pénètre par tous les pores de la terre pour assurer la réussite de la semence.

On a trouvé que l'air occupe le quart du volume de la couche végétale cultivée. Les trente litres de terre pulvérisée qui correspondent à chaque plant contiennent donc 7 litres ½ d'air, et un champ d'un hectare, labouré sur une profondeur de 30 centimètres contient 75000 m. cubes d'air. Si le sol n'est pas pulvérisé assez fin, l'air a trop d'accès, et les racines qui doivent être alimentées par les principes de la terre ne trouvent plus de nourriture, elles souffrent. D'autre part, plus le sol est pulvérisé, mieux il protège la semence contre l'influence des variations extrêmes de température, mieux en même temps il prévient la déperdition trop forte de chaleur.

Une expérience intéressante citée par Grouven [1], prouve qu'on obtient des plantes très-belles et très-fortes en ameublissant la terre, tous les trois jours, à une profondeur de 2 cent. ½.

c) Pour que la graine puisse germer, il est essentiel que l'air et le sol renferment une quantité de chaleur suffisante. Il est donc rationnel d'attendre, pour procéder au travail de la terre, le moment du printemps où elle a acquis une température constante. On ne saurait formuler d'ailleurs de règle plus précise à cet égard, car on a à tenir compte, et de la qualité du sol, et de son exposition, et des conditions météorologiques de la contrée. Le cultivateur doit observer la nature, et régler en conséquence ses travaux.

Sur beaucoup de points de la Russie, on a pour principe de semer le jour où la somme des températures quotidiennes du sol, comptées à partir du moment où cette température dépasse 1° R. (1°,25 C.), atteint 80° R. (100° C.). Dans ce but, on place un thermomètre dans le sol, à une profondeur de 4 Verschocks (18 centimètres); on l'observe chaque matin à 6 heures, et on note le degré qu'il marque.

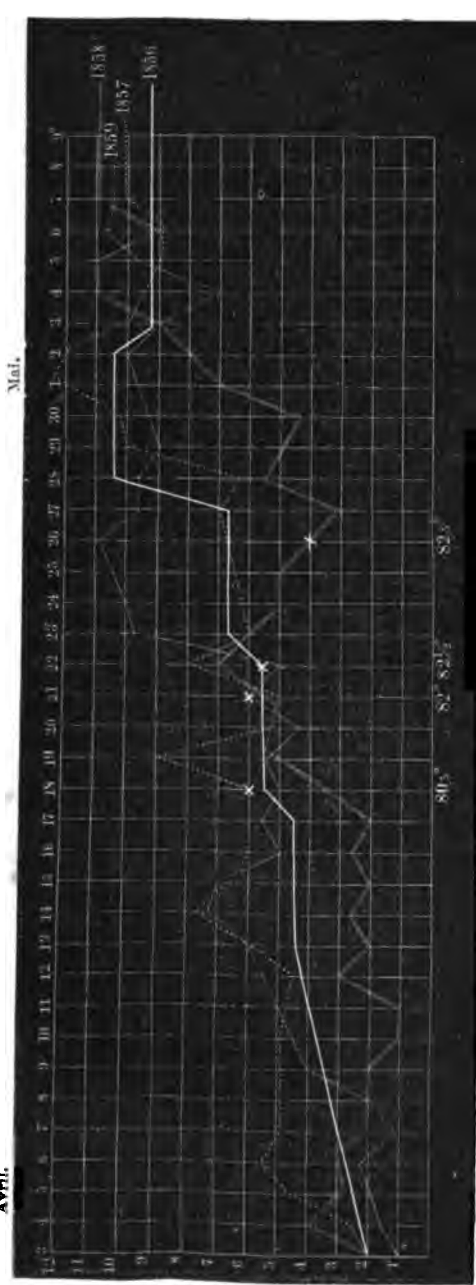
La figure 1 donne un pareil relevé graphique de la température du sol pour une période de 4 années. — Les chiffres du haut indiquent la date du mois, les chiffres à gauche la température exprimée en degrés Réaumur.

On voit, d'après ce tableau que, dans les années 1856, 1857, 1858 et 1859, on a commencé les semailles les 22, 18, 26 et 21 Avril, les conditions de température étant les mêmes. On voit de plus, par les lignes de température, que l'accroissement total de chaleur communiqué à la terre et compté à partir de 1° est à peu près constant, ce qui prouve que, dans toutes les circonstances, on peut commencer à semer le 18 Avril, souvent même le 14, comme le justifie l'expérience. Ce système d'observations devrait être pratiqué par tout cultivateur soigneux, et il contribuerait certainement, s'il était général, à augmenter

1) Journal de l'association des fabricants de sucre du Zollverein, 91e Livr., pag. 328.

nos connaissances sur les lois de la nature. Cependant, dans

Fig. 1.



le procédé que nous venons de décrire pour déterminer l'époque des semailles, deux points ne me paraissent pas suffisamment motivés: 1°, pourquoi prendre comme base le chiffre de 80° R. (100° C.), pendant que l'expérience, la seule qui ait à prononcer, démontre que, pour placer les semences dans de bonnes conditions, il faut se fier, non pas tant à ce total de 80° qu'à l'augmentation définitive et constante de la température du sol? 2°, pourquoi mettre le thermomètre à une profondeur de 18 centimètres? La chaleur de la terre à cette distance ne me parait avoir que peu de relations avec la chaleur qui agit au début sur la semence, puisque la graine n'est placée qu'à une profondeur de 2 centimètres, et que la jeune plante a besoin de plusieurs jours avant que ses racines aient pénétré à 15 ou 18 centimètres au-dessous de la surface.

Si l'on plaçait le thermomètre seulement à 6 ou 8 centimètres, point qu'atteignent les racines au bout

de 8 jours de végétation, onpourrait commencer les semailles avec plus de certitude, en choisissant le moment où la température moyenne a atteint 5 à 6° R. (6 à 7°,5 C.), et reste stationnaire. On s'exposerait toutefois à de graves mécomptes, si l'on se bornait à prendre la température du sol au matin seulement. J'ai pu en effet moi-même observer, en 1861, que la graine de betteraves germe et que la plante se développe, alors que la température du sol à 6 heures du matin n'est que de 0° ou même — 1°, température à laquelle aucune plante ne pourrait croître. Dans ce cas, si la jeune plante se développe, c'est sous l'influence de la chaleur du jour qui se répartit dans le sol: le froid de la nuit paralyse la végétation, jusqu'à l'heure où le soleil a de nouveau réchauffé la terre. — Il convient donc, pour déterminer la température du sol, de faire un plus grand nombre d'observations. On obtiendra sensiblement la température moyenne en relevant les degrés du thermomètre à 8 heures du matin, 2 heures de l'après-midi, 8 heures du soir, et prenant la moyenne des 3 lectures. Ainsi, supposons qu'on ait observé:

le matin . . .	0° centigrades
dans la journée	12°,5 -
le soir . . .	10° -

On a, pour la température moyenne, 22°,5 : 3 soit 7°,5 C. Si cette température moyenne reste constante, c'est que le sol est arrivé au point où il se laisse labourer et travailler facilement. En opérant ainsi, on sèmerait un peu plutôt que ne l'indique le tableau ci-dessus, mais on ne pourrait y trouver qu'avantages, surtout dans les années sèches; car, d'une part, on est plus sûr du succès de la récolte, d'autre part, la formation de la jeune plante et son développement normal ultérieur, se faisant de bonne heure, garantissent des produits de meilleure qualité.

De nouvelles expériences ont mis nettement en évidence l'avantage décisif des semis précoces dans la culture de la betterave. En Allemagne, les betteraves semées le 8 mars, démariées le 6 mai, ont donné les plus beaux résultats comme rendement à l'hectare et comme qualité: la quantité de sucre

retirée à l'hectare est notablement supérieure pour les semis hâtifs. Il est vrai de dire que dans ce mode de travail la betterave a tendance à monter engraine, mais c'est un petit inconvénient qu'il est d'ailleurs facile de réduire en coupant les tiges de bonne heure. Les porte-graine doivent être choisis de préférence dans les champs semés de très-bonne heure, les seuls dans lesquels la betterave ait le temps d'atteindre son développement normal.

La chaleur est, pour la germination, une des conditions les plus essentielles. Au printemps, les tièdes rayons du soleil apportent une nouvelle vie dans tout le monde des plantes, et lui rendent une nouvelle activité. Partout la sève circule, développant les germes, créant les feuilles, les bourgeons et les fleurs. Le ver de terre lui-même, sous l'action d'une température plus douce, s'éveille de sa léthargie hibernale et revient à la surface. Sur tous les êtres, la chaleur a donc une influence magique: elle seule donne leur activité à l'air et à l'humidité, dont les forces restaient jusque-là impuissantes. On peut par suite se demander si le cultivateur ne pourrait pas, imitant la nature, appeler à son aide l'action d'une chaleur artificielle, pour hâter et rendre plus sûr, dans tous les cas, le développement de la graine.

Si l'on sème au printemps de bonne graine à betterave, il s'écoule ordinairement dix à onze jours, avec une température de 11 à 12° C., dans le sol, avant que le plant ne commence à sortir de terre. Il faut donc au végétal, pour qu'il se développe naturellement, une somme de chaleur comprise entre 12×10 ou 120, et 12×11 ou 132 unités de chaleur.[1]

Mais si l'on donne à la graine, avant de la semer, et dans des conditions convenables d'humidite, une partie de cette chaleur, il est clair que l'on peut abréger d'autant la durée de la germination dans la terre.

Ainsi, si le sol est à la température de 12°, qu'on maintienne pendant 5 jours la graine humide à cette température,

---

1) Nous désignerons sous le nom de *Somme de chaleur* le produit du temps par la chaleur, autrement dit, le chiffre obtenu en multipliant le nombre des jours par la température moyenne. (Voir page 81.)

et qu'on la sème promptement, il ne faudra plus ensuite à la plante que 5 jours au lieu de 10 pour sortir de terre. Or, cette accélération dans le premier développement de la plante offre des avantages incontestables: les jeunes plantes croissent ainsi plus vite que les mauvaises herbes, et on peut nettoyer le sol sans difficulté, en ménageant les lignes que forment les feuilles vertes et fraiches. On obtiendrait le même résultat que plus haut, en maintenant, pendant trois jours, la graine à une température de 20°, car le temps et la température agissent d'une manière inversement proportionnelle sur la germination. Pour diminuer la durée de cette transformation, il suffit d'augmenter d'autant la chaleur. Il est clair cependant que, pour cette germination rapide, la température a ses limites: il faut toujours n'employer qu'une chaleur modérée, et lui laisser le temps d'agir, de façon à rester dans les conditions qu'exige l'organisme de la plante. Le produit de la température et du nombre de jours de la germination doit rester compris entre 125 et 135, chiffres qui représentent d'une manière assez exacte les conditions normales de la végétation. Il est également démontré qu'on peut donner sans inconvénient à la graine, avant de la semer, la moitié de la somme de chaleur dont a besoin la germination.

Maintenant que nous avons présenté ces quelques remarques sur l'époque de l'ensemencement, il nous reste à parler de la qualité de la semence. La graine, sous les influences notées ci-dessus, donne naissance au germe. Le végétal embryonnaire qui en sort contient tous les éléments de la plante; les diverses sortes de cellules sont déjà formées. Par suite, des graines identiques donneront des plantes identiques, ou tout au moins semblables. Il faut donc nécessairement de bonnes graines, pour avoir de bonnes betteraves. La graine de turneps donne toujours la plante du turneps, la graine de betterave fourragère donne une plante qui contient peu de sucre; de même, la graine de betterave à sucre donne une racine reproduisant les propriétés de la plante-mère. Il est donc de l'intérêt des fabricants d'apporter une attention toute spéciale à choisir la

semence de betteraves riches, bien que beaucoup d'entre eux se refusent à reconnaître cette hérédité de races.

Nous ne saurions trop insister sur ce point pour les producteurs de sucre: il existe dans les graines de betteraves des variétés infinies dont chacune a conservé plus ou moins, depuis des siècles, ses propriétés caractéristique: la betterave fourragère reste toujours pauvre en sucre, même sur les sols les plus favorables. La preuve frappante des différences considérables dues à la graine, pour les variétés d'une même espèce, se retrouve d'ailleurs dans beaucoup d'autres végétaux, dans les pommes par exemple. Leur suc contient d'habitude 10 à 11% de sucre, tandis que, sous le même climat, une variété particulière en renferme de 16 à 18%, c'est-à-dire 50% en plus; pourtant, ce sont toujours des pommes!

Il ne faudrait pas conclure de là que le choix d'une bonne graine garantira, dans tous les cas, une betterave bonne et riche en sucre; comme nous l'avons déjà dit, ces qualités dépendent en majeure partie de la nature du sol, de l'engrais, de l'assolement, du climat, etc. Mais, ce que je tiens pour établi à la suite d'un grand nombre d'expériences comparatives, ce que je signale spécialement à l'attention, c'est que les meilleures graines donnent aussi les meilleures racines. Les essais en grand prouvent, il est vrai, que, même avec de bonnes graines, on peut avoir de mauvaises betteraves, si le sol et l'engrais ne sont pas convenables; inversement, des graines médiocres peuvent donner de bons résultats sur un excellent terrain. On a voulu conclure de ces faits que la graine n'exerçait que peu ou point d'influence sur la qualité de la récolte. Selon moi, une telle conclusion n'est nullement exacte, car les conditions de ces essais ne restaient pas les mêmes pour tous. La seule déduction fondée qu'on en puisse tirer, c'est que le sol, ses propriétés physiques ou chimiques, forment avec l'engrais les agents principaux, et peuvent, à eux seuls, annuler les conditions les meilleures sous d'autres rapports.

Que chaque fabricant, s'il veut connaître l'influence de son sol sur les diverses variétés de betteraves, fasse l'essai suivant:

planter les diverses graines sur le même sol, à la même profondeur; donner à toutes les plantes les mêmes façons, et, au jour de la récolte, prélever de chaque sorte 50 betteraves de même grosseur, pour en tirer des résultats moyens, et en déduire la variété la meilleure pour les conditions locales données. — C'est la méthode la plus exacte pour arriver pratiquement, simplement, et sans frais, au résultat cherché.

J'ajouterai que le fabricant, dans le choix de la graine, doit tenir compte de sa faculté de germination. Une graine de deux ans, par exemple, mettra beaucoup plus de temps à germer qu'une graine fraiche, et, si l'on avait un mélange de deux années, le plant lèverait très-inégalement. Une expérience en petit suffit pour faire disparaitre toute indécision sur ce point.

La grosseur de la semence ne parait pas non plus sans influence: plus la graine est grosse, plus forte sera la jeune plante. Les graines qui ne sont pas parvenues à leur entier développement ne peuvent donner une plante normale, et cette influence de la graine persiste pendant toute la végétation. C'est un fait analogue à celui qui se passe dans le règne animal, où les ascendants transmettent à leurs produits leurs propriétés caractéristiques. Du reste, la quantité de nourriture qu'une plante emprunte au sol ne dépend pas seulement de la proportion d'éléments qu'elle trouve dans la terre, mais encore du nombre des organes qui iront puiser ces principes. Comme une grosse semence donne au début des racines plus robustes et plus fortes qu'une petite, que le succès de la récolte dépend principalement de ces premières racines, il est naturel que la première graine soit plus avantageuse que la seconde, dans l'hypothèse où toutes deux proviennent de plantes de même qualité.

La semence de betteraves a un aspect rude et particulier: elle se compose d'une enveloppe ou capsule qui renferme plusieurs petites graines séparées, (de 3 à 5), et recouvertes chacune d'une substance brune; chacune de ces graines peut don-

ner une plante. Il semble que la nature ait veillé à ce que, partout où une capsule tombe sur la terre, elle puisse donner au moins une betterave. Quand la graine germe, une partie de la capsule se détache, permettant ainsi à la racine de pénétrer dans la terre, à la tige de croître: souvent, (sur un sol très-plat), la capsule sort de terre en même temps que la plante. Pour obtenir une végétation plus assurée et plus prompte, avant de confier la semence à la terre, on cherche, comme nous l'avons vu, à faciliter les conditions de sa germination. On lui donne la chaleur et l'humidité nécessaires en la plongeant dans de l'eau de 12 à 18°, ou en l'arrosant avec ce liquide. La graine parait effectivement avoir besoin de cette humectation, car elle absorbe une quantité d'eau égale à son poids (100%, souvent même jusqu'à 170%). On peut ainsi, avec une chaleur suffisante, faire germer complètement la graine avant de la mettre dans le sol. Toutefois, ce mouillage n'est pas sans inconvénients: l'eau dans laquelle on a plongé les graines se colore rapidement en brun; elle dissout donc une partie des principes de la semence, il s'opère une véritable macération. Si l'on recueille cette eau et qu'on la laisse à la chaleur, elle prend bientôt une odeur ammoniacale, ce qui prouve qu'elle a enlevé une partie des corps azotés vraisemblablement destinés à nourrir la jeune plante. C'est du moins ce que semble indiquer la facile solubilité de ces matières. Par suite, les plantes provenant de graines lavées sont plus faibles, plus jaunes que les autres, et ces caractères sont d'autant plus sensibles que l'action de l'eau a duré plus de temps. La différence est parfaitement sensible avec des lavages de trois à quatre jours. J'ai vu des essais en grand où on lavait la graine à plusieurs reprises: on lui enlevait ainsi presque toutes ses matières azotées, et la récolte était presque nulle. Un autre inconvénient du lavage est que la graine, ainsi imprégnée d'eau, se dessèche très-rapidement; l'humidité s'évapore et laisse la semence plus sèche qu'avant. Aussi, de pareilles graines périssent-elles souvent dans le sol, lorsqu'il est sec, ou que le temps se maintient chaud.

On évite facilement ces inconvénients dus à l'emploi de l'eau pure, en se servant, pour mouiller la graine, d'urine ou de purin. Cette matière, déjà chargée de sels, n'enlève que peu de substances à la graine; en revanche, elle l'imprègne de ses principes fertilisants; les plantes provenant de semences ainsi traitées sont remarquablement plus fortes, et d'un beau vert-foncé. L'emploi du purin prévient en même temps la dessiccation de la graine qui reste toujours humide, grâce aux sels hygroscopiques qu'elle absorbe ainsi. L'expérience semble prouver qu'une mouillade de 2 à 3 jours à 18° est la plus avantageuse à la plante. Dans des essais, on a trouvé que des graines mouillées de la sorte, et placées dans des circonstances défavorables, levaient le 7ᵉ jour, tandis que d'autres, mouillées 4, 5 et 6 jours, n'apparaissaient que le 8ᵉ ou le 9ᵉ.

On a voulu reprocher à cette méthode d'humectation qu'elle n'est pas naturelle. — A ceux qui soutiennent cette thèse, nous pouvons nous borner, comme réponse, à rappeler ce que fait la nature: la graine de betteraves mûrit sur pied en automne. Lorsque la plante est à l'état sauvage, la semence tombe d'elle-même, et trouve dans le sol, pendant l'hiver, l'humidité qui doit lui permettre de se développer au printemps. C'est là ce qui se passe sur les champs de betteraves abandonnés à eux-mêmes. Que fait donc le cultivateur? Il récolte la graine, et la conserve dans un local sec jusqu'au printemps. Il est évident que, dans ces conditions, la graine se dessèche; n'est-il pas naturel dès lors de lui restituer l'humidité qu'elle a perdue? Il s'agit seulement de choisir un mode d'humectation convenable, or, le jus de fumier doit avoir la préférence parce qu'il se trouve partout à la disposition du cultivateur, et que, d'après nos recherches, il agit mieux que tout autre moyen artificiel.

D'après Grouven (1857), sur un grand nombre de substances essayées pour la préparation de la semence, celles qui donnèrent les meilleurs résultats furent:

Le Guano, (employé pour candir la graine trempée dans l'eau);

L'acide azotique (1 partie dans 100 d'eau):

Le jus de fumier fort, et surtout

L'azotate de potasse (pour candir la graine trempée dans le jus de fumier).

En 1860, j'ai essayé les matières suivantes:

Urine et eau par parties égales (100 % de graines germèrent 7 jours après l'ensemencement; les plantes étaient plus fortes et plus vertes que celles qui provenaient de graines mouillées à l'eau pure).

Dissolution de phosphate d'ammoniaque marquant 2° Baumé; 71 % de graines levèrent au bout de sept jours.

Acide azotique (1 dans 100 d'eau); germination pénible; 25 % après 9 jours.

Dissolution de salpêtre, (5 p. dans 100 d'eau); germination vigoureuse, 85 % après 7 jours.

Je dois ajouter qu'avec les dissolutions salines (à 13°, 75 C.), les semences tombaient au fond du vase le 3ᵉ jour, tandis qu'au bout du même temps, avec de l'eau, les graines flottaient à la surface, ce qui prouve évidemment que, dans le premier cas, les graines avaient absorbé une grande partie des sels plus denses de la dissolution.

La quantité d'humidité que s'assimile la graine dépend de la température: Haberlandt trouve, qu'au bout de 24 heures de mouillade, les graines absorbent

à 4°,45	centigrades . . .	69 %
- 10°,45	-	91 %
- 15°,60	-	95 %
- 18°,50	-	97 %

La pratique de candir la semence imprégnée de jus de fumier peut donner de bons résultats, si l'on évite de recourir pour cet usage à des substances trop actives qui nuiraient à la germination. Le salpêtre peut être employé avec avantage; il en est de même de la chaux en poudre, qui protège en même temps la graine contre les insectes.

L'engrais que reçoit la graine, par la mouillade au purin, détermine, dans les 14 premiers jours, une croissance plus rapide et plus vigoureuse. C'est un résultat facile à constater expérimentalement, et qui n'est pas sans importance: la jeune plante échappe plus vite aux insectes, et prend un point d'appui plus solide pour sa végétation ultérieure; les organes qui lui permettent de s'assimiler les substances nutritives sont plus précoces et plus robustes. Or, la jeunesse est la période la plus dangereuse; dès que la plante en est sortie, elle court moitié moins de risques. — En résumé, la méthode pratique la plus avantageuse consiste à tremper la graine pendant 24 ou 48 heures dans du jus de fumier, et à la conserver ensuite humide pendant deux ou trois jours, en couches minces de 10 centimètres, (dans des sacs, par exemple). De cette façon, elle reste sans chauffer cinq jours, à la température de 12 à 13 degrés, ce qui correspond à la moitié de la somme de chaleur totale dont elle a besoin.

L'influence de ce traitement, sur la levée précoce et sûre des plantes, ressort d'une expérience que j'ai faite en 1860. J'avais semé, sur le même champ, dans les mêmes conditions, le 12 avril, des graines non préparées, le 18, les mêmes graines traitées comme ci-dessus. La graine naturelle leva le 2 mai, la graine préparée avait levé depuis le 26 avril. La préparation de la semence avait donc fait gagner 12 jours pour la croissance de la plante. Si des pluies venaient à retarder l'époque de l'ensemencement, on pourrait conserver la graine préparée, aussi longtemps qu'on voudrait, et sans qu'elle en souffrît, en la plaçant dans de l'eau fraiche, qu'on refroidirait au besoin avec de la glace. Les difficultés pratiques n'ont donc pas d'importance, ou du moins, sont faciles à surmonter.

Lorsque la graine mouillée séjourne en couche mince, il importe de veiller à ce qu'elle ne s'échauffe pas, car l'élévation de température nuirait au succès de la germination. Au lieu de tremper les graines dans le liquide, on conseille souvent de les étendre sur une petite épaisseur, et de les humecter ou de les arroser simplement, de façon à provoquer le développement

naturel et plus lent de l'embryon. Là encore, il faut éviter un trop grand accroissement de température. On devra donc répéter l'arrosement plus souvent, ou le prolonger pendant plusieurs jours.

Quelle que soit celle de ces méthodes que l'on suive, la préparation péalable de la semence est recommandée par la longue expérience d'autres pays qui font usage de procédés semblables. D'après Humboldt, (voyage dans les contrées équinoxiales, tome 2, page 234), en Amérique, "les semences du caféier ou les fêves sont placées en tas, avec un morceau de viande, entre des feuilles de bananier. On les laisse germer ainsi quinze jours, et c'est à ce moment seulement qu'on confie la semence à la terre. Les plantes que l'on obtient ainsi résistent mieux à la chaleur du soleil que celles qui sont venues naturellement."

La viande et les feuilles de bananier servent ici à assurer à la graine une addition d'engrais, et il résulte de ce traitement une végétation plus forte. On se trouve également bien de plonger dans l'eau, pendant 24 heures, avant de les planter, les semences du Sorgho sucré. (Novara, voyage autour de la terre.)

Il convient maintenant, après avoir vu comment on prépare les graines, de déterminer la quantité qu'en exige une surface donnée.

D'après la qualité du sol, on laisse entre les plantes, dans tous les sens, un écartement qui varie de 30 à 45 centimètres. On aura donc pour un hectare:

à 30	centimètres	d'écartement	$9^{d.c.}$	par	pied	111,000	plantes
- 33	-	-	10,89	-	-	91,800	-
- 36	-	-	12,96	-	-	77,100	-
- 39	-	-	15,21	-	-	65,700	-
- 40	-	-	16	-	-	62,500	-
- 42	-	-	17,64	-	-	52,600	-
- 45	-	-	20,25	-	-	49,300	-

Si nous prenons la plus grande quantité, 111,000 pieds, il faudra semer autant de graines, dont chacune peut donner de 2 à 4 plantes. Or, 1 k° de graines contient de 34 à 35,000 graines. On aurait donc besoin de 3 à 4 k°s de semences, si l'on s'en tenait à la quantité théoriquement nécessaire.

En réalité, on emploie 18 k°s à l'hectare, soit 600,000 graines. Chacune d'elles pouvant donner 2 plantes, on voit que, pour 30 centimètres d'écartement, on sème dix fois la quantité nécessaire, pour 40 centimètres, 20 fois cette quantité.

Cet excès est motivé, d'un côté, parce qu'une partie des graines peut avoir perdu la propriété de germer, d'un autre côté, parce que beaucoup ne tombent pas dans le sol à la profondeur convenable, condition importante, comme nous le verrons plus loin.

D'autre part, la graine et le jeune embryon, contenant un principe sucré, souffrent beaucoup des ravages des insectes dans le sol. C'est pour cela que les graines qui lèvent tardivement, retardées par la saison, donnent très-peu de plantes. Plus tôt la graine donne un végétal vigoureux, plus il lève de plantes. En France, on imprègne la graine d'huile de cameline. L'odeur protège la semence et la plante elle-même contre les insectes nuisibles.

Enfin, le principal motif pour l'emploi d'un excès de graine, c'est que la semence mise en tas germe mieux. En même temps, une partie de la graine et des racines peut être dévorée par les insectes, mais tout ne saurait disparaitre. Une partie reste ainsi protégée et résiste, tandis qu'avec des graines plus clairsemées, on est exposé à trouver dans le champ beaucoup de manquants.

Bien que, d'après ce qui précède, le procédé le plus économique soit, actuellement, de perdre un peu de semence, ce fait ne doit pas empêcher la recherche des moyens propres à amener plus simplement au résultat voulu, mais c'est un problème qui reste encore à resoudre.

Le temps que met la graine à germer varie, comme nous l'avons dit plus haut, en sens inverse de la température. Plus

courte avec une chaleur élevée, cette durée augmente avec une température plus basse. Toutefois, il n'existe pas entre ces deux facteurs une proportionnalité absolue, car le chiffre obtenu en multipliant le nombre de jours par la température, — la somme de chaleur totale, — est loin d'être constant. Ainsi Frédéric Haberlandt a trouvé que des graines avaient levé au bout de 22 jours, à la température moyenne de 4°,7 tandis que d'autres exigeaient pour arriver au même point:

9 jours à	10°,45
3 j. ³/₄ -	15°,60
3 j. ³/₄ -	18°,50

Les sommes de chaleur totale correspondantes étaient donc respectivement de 103,4
94,5
58,5
69,37
c'est-à-dire des chiffres très-différents.

Nous avons indiqué déjà que les profondeurs inégales auxquelles les semences sont placées dans le sol influent beaucoup sur la levée des plantes, et c'est un des motifs pour lesquels on emploie un excès de graine. Dans une récolte, la plus grande partie des manquants, (qui varient de 5 à 30% du total, d'après Grouven), doit être attribuée à ce que la graine a été placée trop profondément. Les exemples suivants donnent des indications sur la profondeur la plus convenable.

Le 23 Mars 1860, à deux heures de l'après-midi, à une température de 15° C., on plaça dans le sol 20 graines de betteraves aux profondeurs ci-après:

Mois et date de la levée.		Profondeur à laquelle était placée la graine						Observations.
		$6^{m}/_{m}5$	$13^{m}/_{m}5$	$19^{m}/_{m}$	$26^{m}/_{m}$	$40^{m}/_{m}$		
Mars	31	-	6	10	7	-	Nombre des plantes levées.	Les plantes de graines à $6^{m}/_{m}5$ étaient très-petites, celles de $40^{m}/_{m}$ chétives et malades. Les plantes issues de graines à $13^{m}/_{m}5$ étaient les plus belles et les plus fortes, celles de 19 et $26^{m}/_{m}$ en différaient assez peu.
Avril	1	-	13	17	17	2		
-	2	1	26	30	30	8		
-	3	1	32	40	37	16		
-	4	3	40	44	41	19		
-	5	14	50	47	45	24		
-	6	39	62	49	54	30		
-	7	51	69	54	56	32		
-	8	52	71	57	56	37		
-	9	53	71	57	57	40		
-	10	53	71	57	60	42		

Grouven donne (1862), sur la profondeur des semis, les résultats suivants:

Graines placées à une profondeur de	Les 1ères plantes apparaissent au bout de	Nombre de plantes		
		8 jours.	12 jours.	16 jours.
		après les semis		
1 centimètre	5 jours	19	23	24
2 -	$5\,^1/_3$ -	14	20	21
3 -	$5\,^1/_2$ -	15	22	23
4 -	$6\,^1/_2$ -	15	16	17
5 -	$6\,^3/_4$ -	8	17	18
7 -	$8\,^2/_3$ -	4	12	14
9 -	10 -	1	5	7

Ces résultats confirment complètement nos propres recherches, et prouvent que, sur une quantité donnée de graines, les plantes qui réussissent sont d'autant plus nombreuses et plus fortes, que la semence a été enfouie moins profondément dans le sol.

D'après Grouven[1], une graine à la profondeur

de 1	centimètre	donne	3	plants
- 5	-	-	2	-
- 8	-	-	1	-

Les plantes les plus vigoureuses sont encore celles qui ont été semées à une profondeur de 1 à 3 centimètres.

On peut donc admettre que la profondeur la plus convenable varie entre 12 et 25 m/m. Toutefois, la nature du sol peut modifier ces chiffres dans une certaine limite.

Les expériences que j'ai faites en grand nombre, et dont les chiffres cités plus haut ne sont que les moyennes, prouvent que les diverses plantes, prises une à une, lèvent au bout d'intervalles de temps très-différents; par suite, il est difficile d'évaluer exactement la durée de la germination. — Si l'on prend comme base le moment où il a levé autant de plantes qu'il a été fait de semis distincts, on trouve que cette opération exige, à 15°:

13	jours	pour	les	graines	semées	à	6 m/m 5	de	profondeur,
9	-	-	-	-	-	-	13 -	-	-
9	-	-	-	-	-	-	19 -	-	-
9	-	-	-	-	-	-	26 -	-	-
12	-	-	-	-	-	-	40 -	-	-

Les sommes de chaleur totale sont donc respectivement 195—135—135—135 et 180.

D'après les recherches de Stéphens, sur 40 graines semées à une température de 23°,75, à 26 m/m, de profondeur, 31, soit 77%, levèrent après 4 jours 12 heures, c'est-à-dire avec une somme de chaleur totale de 106,9.

à 53 m/m de profondeur, 29 plantes, ou 72 %, au bout de 5 jours 18 heures. — Somme de chaleur totale: 136,5.

à 80 m/m, 20 plantes, ou 50%, après 6 jours 21 heures. — Somme de chaleur totale: 163,2.

à 106 m/m, 10 plantes ou 25%, après 8 jours 18 heures. — Somme de chaleur totale: 207,8.

---

1) Journal de l'association des fabricants du Zollverein, 91e livr. p. 321.

La rapidité ou la lenteur de végétation dans les betteraves parait donc étroitement liée à la profondeur du semis. La graine enfouie trop profondément n'aurait plus assez de force pour soulever la couche de terre qui la recouvre. Lors donc que Stéphens admet que la force de végétation d'une seule graine est assez grande pour soulever un poids de 100 k^{os}, cette assertion me parait hasardée pour la betterave. Une couche de terre de 10 décimètres carrés, et de 10 centimètres de hauteur, ne pèse pas en effet 10 k^{os}; par suite, même dans un sol compact, sous une croûte formée par les pluies, la graine ne devrait avoir aucune peine à exercer l'effort nécessaire, à se frayer son passage. — Cependant, dans ces conditions, les graines ne peuvent pas lever, bien que le sol renferme assez d'air, ($^1/_4$ du volume), pour nourrir le végétal pendant cette première période. Nous devons donc, en gens pratiques, n'accorder qu'une médiocre confiance à ces forces fabuleuses.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, une profondeur de 18 à $20^m/_m$ est la plus convenable pour assurer la levée rapide de la plante. C'est à cette condition qu'est due la supériorité du semoir: le travail de la machine est toujours uniforme, tandis que la main de l'homme dépose la graine à des profondeurs forcément variables.

Sous l'influence de ces circonstances, suivant le soin plus ou moins grand apporté au semis, suivant le temps, etc., on peut compter que, sur 100 pieds, 70 à 90 porteront réellement des betteraves. Le rendement est donc réduit de 10 à 30 %.

La quantité de betteraves que peut porter un sol dépend essentiellement de sa force. Un terrain riche pourra nourrir plus de plantes qu'un autre dans lequel les racines trouveraient moins de principes assimilables. Mais, comme le fabricant de sucre doit chercher à éviter les grosses betteraves, toujours moins riches, il est, à ce point de vue, rationnel de rapprocher les plantes, sur un sol actif. Aussi donne-t-on, à chaque pied, une surface de 6 à 18 décimètres carrés, suivant la qualité du sol. Toutefois, un accroissement dans la surface disponible pour chaque plante, n'entraîne pas une augmentation pro-

portionnelle dans le poids de la racine. Les organes par lesquels se fait l'absorption sont en effet trop peu développés pour que la plante puisse aller chercher très-loin sa nourriture. La betterave est surtout une plante pivotante. J'en ai vu dont les racines s'enfonçaient à $1^{m},25$ de profondeur et pénétraient jusqu'aux tuyaux de drainage. Sur toute cette hauteur, la plante n'a qu'un cercle restreint d'activité, et tire tous ses éléments du fonds. Il est vrai que les liquides nutritifs des parties éloignées du sol peuvent venir alimenter la racine en s'infiltrant dans les portions voisines et déjà plus ou moins épuisées; néanmoins la betterave n'est jamais en état d'utiliser tout l'espace qui lui est donné horizontalement. S'il en était ainsi, en effet, une betterave qui aurait eu 18 décimètres superficiels à sa disposition devrait être 3 fois plus grosse que celle qui n'aurait eu que 6 décimètres du même terrain. Or il n'en est rien, et j'en citerai comme preuve les résultats de 9 expériences:

Dans 3 essais:

$6^{d.s.}$ de sol par plante ont donné des racines pesant	$0^{k},335$
12 - - - - - - - - - - -	$0^{k},365$
18 - - - - - - - - - - -	$0^{k},48$

Le poids de la betterave augmente donc effectivement avec la surface dont elle dispose, mais ce poids ne croît que de 50 % quand l'aire est triplée. Le fabricant n'a dès lors aucun avantage à faire écarter les semis de plus de 35 à 38^{c} dans tous les sens. On peut aussi citer à l'appui de cette opinion les résultats de la pratique en grand: un habile agronome, M. Bronsch à Balakléja, a augmenté de 20 % le nombre des plantes sur ses terres, et a obtenu un rendement notablement supérieur. Il est vrai qu'une récolte plus forte épuise davantage le sol, et qu'il faut restituer à ce dernier la différence, mais on augmente ainsi le produit net, et c'est le but fondamental de toute culture rationnelle; en même temps, on y trouve un avantage pour la fabrication qui cherche à avoir la plus grande quantité et la meilleure qualité possibles de racines sur une surface minimum. Si le fabricant a ainsi trop de bette-

raves, (et c'est un cas bien rare), il fera cultiver moins de terres et sera dans de meilleures conditions de production. Si, au contraire, il n'en avait pas assez pour alimenter son usine, le rapprochement des semis lui permettra d'augmenter cette quantité.

Toutefois, la surface mise à la disposition de la betterave ne doit pas être trop petite, sans quoi le développement de la racine se trouve notablement contrarié. Ainsi, Breitenlohner, en 1872, dans des essais qui avaient porté sur une culture de 60 toises carrées, a obtenu, avec un écartement de 16 pouces 261,5^k de racines, et, avec un écartement de 8 pouces 143,5^k seulement. Ainsi, bien que dans le second cas le nombre des plantes fût double, on n'a obtenu que la moitié du rendement fourni par un plus grand espacement. Il s'en suit que, même dans les terrains les plus forts, une surface de 64 pouces carrés ne suffit pas pour le développement normal de la betterave. Par contre, l'écartement le plus faible correspondait ici encore à la teneur la plus forte en sucre: Ainsi, les betteraves de la première culture contenaient 9,44 de sucre et 4,81 de substances étrangères, tandis que les racines plus rapprochées donnaient 9,88 de sucre et seulement 4,34 de sels. —

La manière dont on répartit les plantes sur le terrain parait avoir beaucoup moins d'influence sur la récolte que l'écartement entre les semis.

On dispose les plantes soit en carrés, (fig. 2), soit en quinconces (fig. 3), soit en lignes (fig. 4). Les semis en carré permettent de contrôler plus facilement le travail, et de le rendre plus régulier. Les quinconces offrent les mêmes avantages, et, de plus, utilisent beaucoup mieux la surface du champ. On voit en effet, par la figure ci-contre, que les semis de cette nature comparés au système en carré, donnent, pour le même écartement, un plus grand nombre de pieds, à surface égale. Si l'on admet que la betterave puise dans le sol

Fig. 2.



Fig. 3.

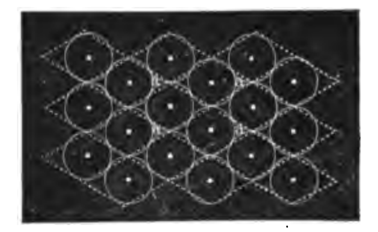


Fig. 4.



également suivant toutes les directions, la surface active du terrain sera comprise dans les cercles décrits autour de chaque racine, et les espaces *a a* entre les différents cercles seront des espaces perdus. Or, cette portion inutilisable est beaucoup plus grande, dans le cas de la figure 2 que pour la figure 3. Déjà, Achard recommandait les semis en quinconce; aujourd'hui, cette méthode est encore la plus avantageuse, puisqu'elle donne plus de racines sans augmenter les frais: les semis de cette nature peuvent d'ailleurs se faire à la machine, pourvu qu'on ait soin de faire attention au point où doit commencer chaque nouvelle file.

La méthode de semis en ligne doit souvent être préférée, dans les pays où la main d'oeuvre est rare, et dans la grande culture, où il est nécessaire d'employer des chevaux pour nettoyer le sol.

Il semblerait que le système des semis en quinconce devrait donner le plus fort rendement. Cependant j'ai obtenu, dans des essais en petit, qui d'ailleurs ne sauraient être absolument concluants, les résultats ci-dessous, que je reproduis à titre de renseignement:



Avec 12 décimètres superficiels par plante.

I Carrés . .	30	23.	70,6	12	10	83	12,9	9,8	76 %
II Quinconces .	36	27	75	22	15	70	12	8,4	70 %
III Lignes $^{40}/_{32}$ c	32	31	96,5	25	20	80	12,35	9,3	75,3%
Total	98	81	82,6	59	45	77,7	12,4	9,17	74 %

Poids d'une plante 0^k,365.

Avec 18 décimètres superficiels par plante.

I Carrés . .	19	18	94	15	15	100	12,4	8,7	70 %
II Quinconces .	24	24	100	20	15	75	12,1	9,34	69 %
III Lignes $^{40}/_{48}$ c	18	15	83	20	13	65	12,3	8,61	70 %
Total	61	57	93,4	55	43	78	12,3	8,55	69,3 %

Poids d'une plante 0^k,48.

Je le répète, on ne saurait tirer de ces recherches une conclusion formelle, et la méthode en quinconces n'en conserve pas moins des avantages marqués.

Quelle que soit la disposition adoptée pour les semis, il est essentiel que dans chaque file les betteraves soient plantées en lignes droite, de manière à faciliter le travail et la surveillance.

[On sème en général, en France, 20 à 25 kilog. de graines à l'hectare: c'est le plus souvent un mélange de collet-rose et de collet-vert. Les lignes doivent être espacées de 35 à 40 centimètres quand on donne les façons à la main: on porte l'écartement à 50 centimètres quand, après le binage de placement on doit faire passer une houe à cheval, ou quand on veut butter.]

On emploie, pour déposer les semences dans le sol, divers procédés: les uns sont uniquement manuels, dans les autres, on a recours aux machines.

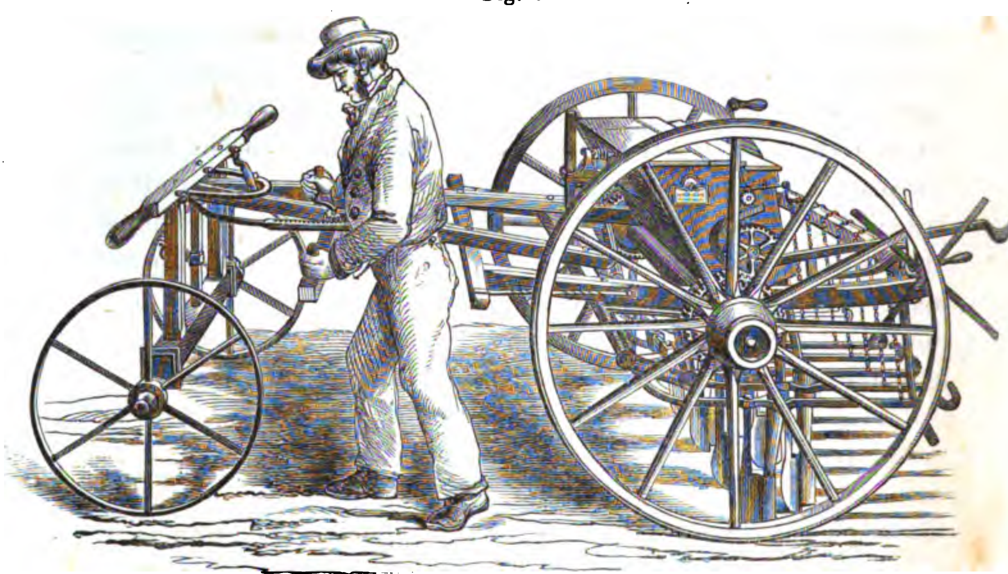
A Magdebourg, les semis se font principalement à la main, et cette pratique est justifiée par diverses circonstances: les champs sont très-morcelés, et, par suite, les machines y perdent une partie de leurs avantages; on a affaire à des ouvriers soigneux, habitués à ce travail, qui le font bien et à bon compte, enfin les semis à la main ont en leur faveur la longue habitude du pays. On procède au semis de deux manières différentes: dans la première, on commence par marquer le champ, en traçant, soit à la houe, soit avec un tambour en bois, des sillons se croisant à angle droit ou aigu. Les points d'intersection marquent les places où on dépose la graine. Dans l'autre procédé, on tend aux deux extrémitées du champ deux cordeaux parallèles dont les nœuds indiquent l'écartement des plantes. Entre les deux cordeaux, sont disposées d'autres ficelles, à angle droit, également munies de nœuds, et qui indiquent la place de la semence. L'ouvrier fait, à cet endroit, un trou avec une cuillière, une truelle ou un fer de houe; il y place cinq ou six graines qu'il recouvre de terre légèrement tassée. On obtient ainsi, au moment où la graine lève, des touffes de plantes disposées d'une façon parfaitement régulière. Ce procédé se nomme semis en touffes, pour le distinguer du semis en sillons. Il offre cet avantage que les graines, ainsi mises en tas, lèvent plus vite, la chaleur qui se développe pendant la germination activant son développement. Les jeunes

plantes résistent mieux aux froids de la nuit que quand elles sont semées en sillon; enfin, elles offrent aux insectes une provision assez abondante, pour qu'il reste toujours au moins une plante en bonne santé, et que la récolte soit ainsi plus assurée. Il faut en outre remarquer qu'avec ce procédé, l'ouvrier trouve la place de la semence indiquée, tandis que le semis en sillons est exposé à toutes les irrégularités de la main. La germination et le développement de la plante sont donc plus rapides; en revanche, les jeunes racines s'enchevêtrent souvent les unes dans les autres, et, quand on les éclaircit, elles sont plus exposées à souffrir que celles venues isolément en sillons.

Les semoirs mécaniques assurent tous les avantages que nous venons de signaler, et ces avantages sont tels, qu'ils rendent en regard insignifiants les ennuis inhérents à l'emploi de toute machine. Le semoir dépose toujours la graine à la même profondeur, tandis que le travail à la main est, forcément, plus ou moins irrégulier. Or, nous avons vu combien il importe d'arriver à cette profondeur constante. En outre, le travail à la machine est évidemment plus économique que l'ensemencement à la main. Aussi, partout où la fabrication du sucre s'est installée, peut-on constater la prédominance des semoirs mécaniques. En Autriche, en France, en Russie, en Hongrie, ils sont presque universellement adoptés, là surtout où l'étendue des cultures exige un travail rapide. Le reproche qu'on a fait aux semoirs de ne pas se prêter à tous les terrains, est inexact, ou du moins peu fondé. A l'état de perfection où ces machines sont arrivées aujourd'hui, on peut semer sans difficulté, soit en montant, soit en descendant, sur des tertres élevés. D'ailleurs, là où le terrain est trop difficile, on ne trouve guères avantage à établir des fabriques de sucre. On prête donc à la méthode plus d'inconvénients qu'elle n'en a en réalité: qu'on mette la machine en main, qu'on aie bonne volonté, qu'on essaye, et tout ira bien.

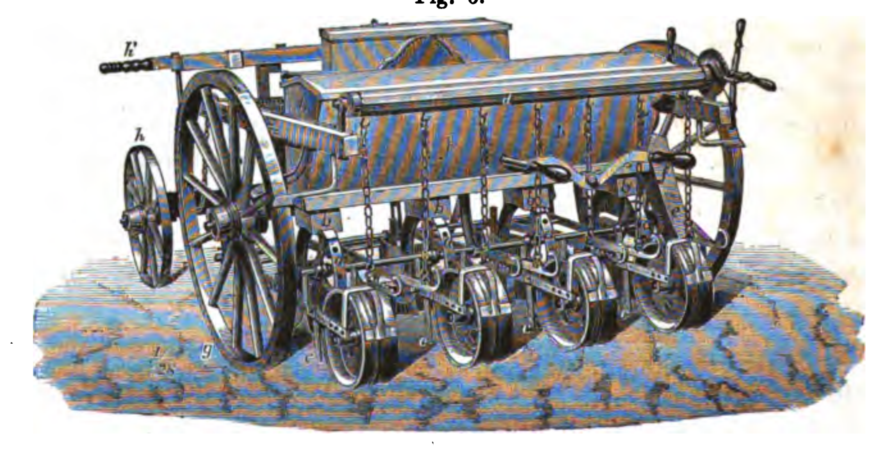
Parmi les appareils qui produisent le semis en sillons, on doit surtout signaler l'appareil bien connu de Garrett ou de Hornsby représenté Fig. 5.

Fig. 5.



Un appareil spécial pour le semis en touffes a été imaginé par M. Ed. Kutzer à Durnkrut, et ses avantages sont constatés par de nombreux certificats. Cette machine, qui a obtenu la médaille d'or à l'exposition universelle de 1867, me semble devoir être particulièrement recommandée: elle offre tous les avantages du travail à la main, puisqu'elle permet de semer par places, à des écartements déterminés, sans avoir les inconvénients des semis à profondeur variable.

Fig. 6.



La figure 6 représente une vue de ce semoir: les pièces marquées *a* sont des disques en fer qui présentent sur leur circonférence, à des écartements déterminés, de petites cavités. Par l'effet de la rotation, ces cavités reçoivent des caisses *b* la quantité voulue de graines, et la laissent tomber à terre en continuant leur mouvement. Les pièces en fer *c* servent à ramener la terre sur la semence. Il est du reste facile, à l'aide du rouleau *d* et des chaînes qui les supportent, de régler la hauteur de ces sortes de pelles. Les disques *a a* sont mis en mouvement par la roue *g* à l'aide de deux pignons intermédiaires *e* et *f*; *h* est l'avant-train facilement mobile, qui permet de diriger la marche de la machine.

Quelle que soit la machine qui serve à faire les semis, il reste toujours nécessairement à faire passer le rouleau derrière elle, et il convient que cette opération se fasse seulement quand le sol est suffisamment desséché, c'est-à-dire quelques jours après les semailles: on rend ainsi la couche de terre superficielle plus fine, elle enveloppe mieux la plante, ce qui est une excellente condition pour la réussite du semis. Enfin, le rouleau donne une surface plane, unie, dont les avantages sont bien connus du cultivateur: l'isolement des plantes est mieux garanti, et chaque racine peut lever séparée. Mais, pour réaliser ces conditions, il est évident qu'on ne doit pas employer des rouleaux reliés directement au semoir, ce travail doit être fait séparément. De la sorte, et en divisant la main-d'œuvre, on peut ne pas attendre, pour faire le semis, que la terre soit complètement sèche; d'autre part, l'action tardive du rouleau amène un contact plus intime entre la semence et la terre sèche et pulvérisée. — On emploie avec avantage pour cette opération un appareil formé de trois rouleaux séparés. Deux sont montée sur le même axe, ils sont suivis par un troisième dont le milieu correspond à l'intervalle des deux premiers. L'appareil ainsi disposé ne laisse sans l'atteindre aucune parcelle de terre. La faible longueur de chacune des parties permet de suivre plus facilement les inégalités du sol et donne par suite un travail beaucoup plus parfait qu'un rouleau unique. Il convient

seulement de remarquer que les axes des rouleaux doivent pouvoir glisser dans les coussinets ménagés sur le bâti, de façon que chaque pièce conserve toute liberté de déplacement.

Chapitre IV.

Culture de la betterave.

Les premières observations que fit l'homme sur la végétation lui apprirent bientôt que chaque espèce a besoin, pour développer son organisme, d'un temps déterminé. Pour beaucoup de variétés de plantes, on peut fixer à priori, et avec une grande approximation, l'époque de leur sortie de terre, celle où elles fleuriront, le moment où elles donneront des semences. Or, dans la série de ces développements, la composition des plantes et leurs fonctions vitales changent constamment: le végétal, dans la première période de sa croissance, donne naissance à des corps tout différents de ceux qui se produiront plus tard. Ainsi, par exemple, le sucre ne se dépose dans les cellules de la betterave qu'à la fin de la végétation. Le temps exerce donc dans la vie des plantes une action essentielle, mais le temps seul, si la chaleur ne le secondait pas, ne serait qu'un élément incertain et souvent insuffisant. L'abaissement de la température extérieure suffit en effet pour arrêter dans les plantes le développement de leurs organes. Que de fois un printemps froid a complètement détruit les espérances d'une récolte hâtive. Que de fois ne voit-on pas la qualité des mêmes produits varier d'une année à l'autre, sur le même sol, avec le même travail, avec les mêmes engrais employés dans des conditions semblables, toutes circonstances qui devraint assurer des récoltes identiques.

La vigne offre un des exemples les plus frappants de ces variations. Une bonne année donne une récolte d'une sève exquise, d'un goût fin, d'une action fortifiante. L'année suivante, avec les mêmes plantes et sur le même sol, on n'aura, si les circonstances changent, qu'un produit de qualité très-inférieure.

Il en est de même pour la betterave. Sa qualité est essentiellement soumise à l'influence des saisons, et nous ne saurions lutter contre cette actiou du temps. J'ai vu des années malheureuses où des pays entiers souffraient de l'insuccès des betteraves; plus tard, dans des années meilleures, avec les mêmes soins et les mêmes méthodes, on obtenait des rendements superbes en sucre d'excellente qualité; le fabricant, en présence de jus à la fois purs et riches, n'avait presque d'autre peine à prendre que celle de recueillir cette manne précieuse. On s'explique dès lors ce fait bien souvent constaté, que, pour la même usine, mais dans des années différentes, le rendement en sucre peut varier dans des proportions énormes.

Ces faits ne sauraient jamais être perdus de vue: ils prouvent que le temps et la chaleur doivent agir à la fois, et dans des proportions déterminées pour assurer le succès de la récolte de betteraves.

Cette relation a du reste été reconnue depuis longtemps pour d'autres productions du sol. En même temps qu'on se préoccupe de la durée de leur végétation, on tient compte de la quantité de chaleur qui leur est fournie par la terre. Jour par jour, entre les semailles et la récolte, on relève la température moyenne et, à la fin de la végétation, on totalise ces observations. Cette somme de températures quotidiennes qui représente le produit du nombre des jours par la température moyenne, peut être prise comme mesure de l'action simultanée du temps et de la chaleur pendant la végétation, et l'on se trouve amené, pour déterminer les conditions normales de développement d'une plante, à se poser la question suivante: quelle est la somme des températures quotidiennes dont elle a besoin? pour beaucoup des plantes habituellement cultivées, pour le froment par exemple, ce chiffre a été exactement déterminé d'après un grand nombre d'expériences.

On a fait également dans ces dernières années, pour la culture de la betterave, et en se plaçant dans le même ordre d'idées, de nombreuses séries d'observations météorologiques. — Les résultats les plus intéressants sont, sans contredit, ceux qui

se rapportent à la chaleur, car cet agent exerce sur la production du sucre une action prépondérante et facile à constater.

La chaleur des climats du midi développe en effet dans les fruits une secrétion de sucre abondante. Sous nos latitudes du Nord, si beaucoup de plantes souffrent, c'est uniquement parce qu'il leur manque quelques degrés de chaleur. Le blé de Turquie, par exemple, réussit très-bien en Hongrie; dans le Nord de l'Allemagne, il ne mûrit pas toujours, ou du moins il n'est jamais aussi précoce.

Il semble qu'on obtienne de bonnes betteraves à sucre dans tous les pays où la somme des températures quotidiennes atteint environ 3,100° C. — Le total se partage ainsi qu'il suit entre les différents mois:

Avril	225
Mai	475
Juin	555
Juillet	550
Août	562
Septembre	442
Octobre	269
Total . .	3088

Dans les années où j'ai observé un total moindre, les jus étaient de plus mauvaise nature; il semblait que le sucre n'eût pas eu le temps de s'élabore et c'est une explication que confirmeraient les chiffres donnés plus loin. Si l'on se reporte aux tables qui suivent, on verra en effet que, l'année où la somme des températures quotidiennes ne s'est élevée qu'à 2,674° seulement, la betterave était pauvre en sucre, et le jus chargé d'impuretés.

L'eau ne sert pas uniquement à fournir aux plantes un élément constituant essentiel pour le végétal; elle agit aussi comme dissolvant sur les matières solubles de l'engrais mis à la disposition de la racine; elle sert d'intermédiaire pour assurer la nourriture de la plante et lui livrer, sous une forme convenable, les principes que renferme le sol. Au commencement

de l'été, lorsque les jeunes racines ont principalement besoin pour se nourrir de matières d'origine minérale ou organique, si la pluie fait défaut, le sol ne saurait céder une proportion suffisante de ses éléments, et il n'y a dès-lors rien d'étonnant à ce que le développement de la betterave se ralentisse. Dans ces conditions, les journées de chaleur et de soleil, si favorables qu'elles soient en général au développement des plantes et à la vigueur de la végétation, peuvent être très-préjudiciables au succès des récoltes. Les végétaux n'ont pas assez de temps pour que leurs racines s'enfoncent dans le sol, et y trouvent, sous l'action de l'humidité, la nourriture qui leur est essentielle. Aussi le rendement d'une culture dépend-il souvent d'une pluie abondante tombant en temps opportun. Si le fermier pouvait, au moment où la betterave se développe, commander la pluie à sa volonté, il serait toujours assuré d'avoir un maximum de rendement. La plante se développerait mieux, le poids de la récolte augmenterait, et, ce qui est plus essentiel encore, la qualité de la betterave serait meilleure, car, après le développement des feuilles, la végétation pourrait consacrer toute son activité à la secrétion abondante du principe sucré.

C'est à cette circonstance de l'action des pluies, qu'il faut attribuer la divergence des opinions émises sur l'efficacité des engrais, surtout des engrais artificiels Il faudrait, pour qu'on pût arriver à des résultats certains, répéter ces essais plusieurs années de suite, autant que possible sur le même sol, et en tenant compte des influences météorologiques. Dans les années humides, en effet, se présente le phénomène inverse de celui des années sèches. Un excès des principes solubles de l'engrais se dissout, est absorbé par la racine et passe dans le jus qui devient ainsi, et plus pauvre en sucre, et plus riche, soit en sels, soit en matières azotées. C'est ce qu'a établi du reste l'expérience de longues années.

La dilution des jus de betteraves, à la suite de grandes pluies, et par l'effet de l'absorption d'un excès des liquides du sol, peut atteindre fréquemment 2 % Balling, (plus de 1° Beaumè). La richesse des jus est donc naturellement diminuée dans la

même proportion, puisque la même quantité de matières se répartit dans une plus grande masse d'eau. Mais là ne se borne pas l'influence fâcheuse des pluies excessives. La nourriture trop abondante qu'elles fournissent à la plante sert principalement à développer la racine et le feuillage, et, pendant cette formation active de nouveaux organes de végétation, la production du sucre reste stationnaire. Si les pluies persistent, la tendance à pousser de nouvelles feuilles s'exalte. Or, comme semblent le prouver les analyses qui suivent, l'accumulation du sucre dans la betterave ne peut se faire qu'après le développement des feuilles. Il en résulte que, dans ces conditions, on ne peut avoir que des jus très-pauvres en sucre. Il serait donc important, dans tout essai de culture, en même temps qu'on relève la température moyenne, de noter le degré hygrométrique de l'air et la quantité de pluie tombée. C'est du reste ce que l'on fait maintenant dans presque toutes les expériences.

L'influence de la quantité de pluie sur le rendement est mise en évidence par le tableau suivant, communiqué par M. Wilhem de Stein.

Années.	Quantité d'eau totale en pouces cubes.	Quantité d'eau de Mai à Septembre.	Hauteur d'eau en centimètres.	Kilogrammes récoltés par hectare.
1859	2770,25	1564,50	53,325	14462,50
1860	3176,25	1788,00	59,535	18487,50
1861	2291,25	1470,00	42,957	13854,50
1862	2861,50	1134,00	52,839	14175,00
1863	1988,50	1117,50	37,260	10935,00
1864	1711,00	1178,00	32,076	10825,50
1865	2032,00	1112,00	38,097	10911,00
1866	2831,00	1593,00	53,055	14750,00
1867	2504,00	1000,75	46,656	12382,50
1868	2361,00	539,00	44,253	8577,00
1869	2503,00	1149,00	46,926	12251,50

Ce tableau montre que la quantité de pluie plus on moins grande, surtout dans la période de Mai à Septembre, a une influence considérable sur la récolte. Il serait à désirer que des expériences analogues fussent faites aussi dans d'autres

pays: on pourrait peut être ainsi mesurer l'importance et le bénéfice des irrigations.

Nous rapportons ci-après une table d'observations faites en 1860 sur l'influence de la chaleur et des pluies. Malheureusement, nous n'avions pas noté le taux d'humidité de l'air, qui, certainement, avait une grande importance.

Les betteraves furent semées le 22 Avril; les plantes parasites furent arrachés le 24 Mai.

Les chiffres de cette table ne suivent pas une progression régulière, comme on en trouve dans tant de tableaux analogues; nous avons tenu, avant tout, à consigner les résultats mêmes de nos observations, sans nous inquiéter s'ils confirmeraient ou non des théories admises ou des idées préconçues. Néanmoins, ces chiffres font ressortir très-clairement l'influence des pluies. Le 4 Septembre, le jus contenait 13,4 % de sucre, et renfermait 72,4 parties de sucre sur 100 de substances solides. A la suite d'une forte pluie, la richesse saccharimétrique tombe à 7 %, et sur 100 de matières solides, il n'y a plus que 60 de sucre. La pluie avait donc introduit dans le jus des matières étrangères en quantité correspondante à cette différence. En même temps, le nombre des feuilles s'accroissait rapidement; l'accumulation du sucre se fit par suite plus lentement et le jus resta impur. Nous reviendrons plus tard sur les résultats de ce tableau.

Bretschneider[1] trouva, sur des betteraves de différentes années, les proportions suivantes:

En	1857	19,95 %	de sucre,	0,368 %	d'azote,	0,715 %	de cendres
-	1858	10,63 -	-	0,377 -	-	0,815 -	-
-	1860	10,42 -	-	0,219 -	-	0,703 -	-
-	1861	12,78 -	-	0,168 -	-	0,755 -	-

1) Journal de l'assoc. des fabric. allem. Tome 2, page 570.

Mois.	Dates.	Betteraves: Nombre de betteraves étudiées.	Betteraves: Poids des racines (en grammes)	Poids des feuilles (en grammes)	Poids d'une racine (en grammes)	Poids des feuilles d'une racine (en grammes)	Jus: Balling %	Jus: Sucre %	Jus: Quotient de pureté. (1)	Durée en jours de la végétation.	Pluie tombée en centimètres depuis les semailles.	Nombre de jours de pluie.	Somme des températures quotidiennes: produit du nombre des jours par la température moyenne de la terre à 18°.	Nombre des feuilles vertes.
Juin . . .	22	20	1000	3700	50	185	6,7	3,7	55,2	60	11c,7	25	764	12—22
-	24	13	1000	3800	77	315	7,2	4,2	58,8	62	11c,7	25	—	—
Juillet . .	2	8	1392	1960	174	245	13,2	9,7	73,3	70	13c,3	28	522	18—26
Août . . .	18	12	1680	852	140	71	15,2	10,6	70	104	15c,4	31	536	40—25
Septembre .	4	8	1076	276	127	34,5	18,5	13,4	72,4	120	16c,1	32	477	8—12
- .	15	10	860	450	86	54	12	7	60	130	32c,0	36	—	12—18
- .	24	5	1460	900	292	180	10,2	6,5	63,7	139	32c,4	37	—	18—24
Octobre . .	6	5	1130	980	226	196	11,5	7,8	68	155	32c,4	37	—	—
													2674	

1) Le quotient de pureté indique combien il se trouve de sucre sensible au polarimètre dans 100 parties de matières solides accusées par l'aréomètre de Balling. *)

*) On rencontrera souvent dans cet ouvrage les densités des jus exprimées en degrés aréométriques de Balling ou Brix. Le lecteur trouvera dans le 2e volume une table complète de concordance avec l'aréomètre de Baumé; pour les jus, on peut admettre que 1° Baumé vaut 1°,8 de Balling ou de Brix (Note du traducteur).

Je ne puis m'empêcher de croire que cette différence entre les betteraves de plusieurs récoltes provient surtout de l'influence des saisons, car le sol, l'engrais, la main-d'œuvre ou la semence, ne sauraient, dans le même pays, amener des variations de cet ordre.

Parmi les influences générales qui agissent sur la vitalité des plantes, il faut enfin compter la lumière. Dans l'obscurité, aucun végétal ne saurait acquérir un développement vigoureux; les feuilles restent chlorotiques. Les betteraves cultivées à l'ombre contiennent une proportion de sucre beaucoup moindre que les plantes librement exposées à l'action de la lumière solaire.

Après ces considérations générales, nous avons à examiner de plus près les questions qui touchent spécialement à la croissance de la betterave, et d'abord, à la formation des premières feuilles de couronne et des premières racines. Le rudiment de la jeune plante contient tous ces organes de nutrition; plus ces organes seront robustes et développés au début, plus la plante pourra; dans les mêmes conditions, s'assimiler d'éléments nutritifs, plus sa croissance sera vigoureuse. Plus les radicelles sont fortes, plus leur surface est grande et plus elles absorbent des principes du sol. De même, plus le premier feuillage sera développé et plus la plante pourra puiser de ses éléments dans l'atmosphère. Le végétal qui souffre dans sa première jeunesse n'atteint jamais sa croissance complète et normale, et c'est un des motifs pour lesquels il est généralement avantageux de traiter la semence par un engrais capable de fortifier la première végétation.

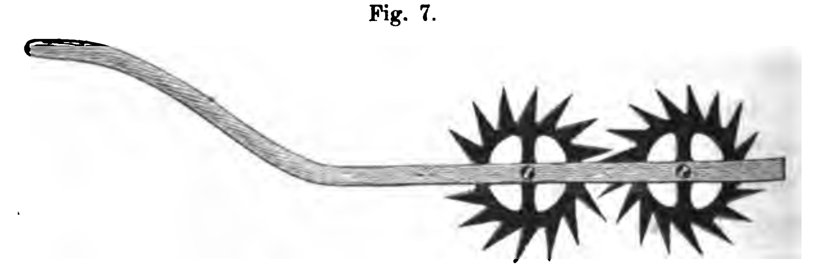
Du reste, au point de vue des ennemis nombreux que rencontre le végétal quand il est jeune, il convient également d'abréger autant que possible la première période de sa croissance. Or, rien n'est plus efficace dans ce but que l'action d'un engrais facilement décomposable, et qui renferme précisément les principes dont a besoin la plante. La betterave étant une plante à potasse; et l'urine ou le purin contenant beaucoup d'alcalis sous forme de phosphates ou sulfates solubles, il est clair que ces matières formeront le meilleur engrais pour pré-

parer la semence. C'est du reste ce que confirment les expériences que nous avons faites et dont les résultats ont été consignés plus haut.

Les jeunes plantes prospèrent mieux lorsqu'elles proviennent de graines déposées en tas, comme dans le semis par touffes, que si elles sont dues au semis en ligne. On en donne pour motif que la chaleur de la germination se conserve mieux lorsque les graines sont réunies, et que cette chaleur exerce ainsi plus d'action sur le développement de la graine. En outre, comme nous l'avons déjà vu, les plantes en touffes épaisses offrent plus de nourriture aux insectes et aux vers, par suite, il est plus facile de conserver au moins une plante intacte. Dans le semis en touffes, la terre est nue dans chacun des intervalles, et les insectes passent moins facilement d'une touffe à l'autre. Dans le semis en sillons au contraire, les racines isolées sont plus exposées, et la ligne des plantes elle-même indique aux insectes le chemin qu'ils suivent de préférence. Enfin, les plantes groupées ensemble résistent mieux au froid de la nuit, et ont plus de force, réunies, pour percer la croûte superficielle que forment les vents violents à la suite d'une pluie abondante.

Cependant, sur les terres fortes, cette croûte est quelquefois si dure que les touffes elles-mêmes ne peuvent la briser, et il en résulte souvent de grandes pertes pour la récolte

Fig. 7.



Mr. Kutzer de Durnkrut a construit une sorte de rouleau à pointes qui, dans des cas analogues, fend la terre sur laquelle on le promène, sans endommager les racines. La figure 7 représente cet outil.

Les jeunes plantes, élastiques et vigoureuses, quittent bientôt la position gênée qu'elles devaient à la graine et se redressent. Deux feuilles petites et tendres sortent d'abord de terre et viennent aspirer la lumière. Dans des conditions favorables, ce développement s'accomplit en 15 jours. A ce moment, la tige et les racines ont environ 5 centimètres de longueur totale. La position des plantes se dessine ainsi parfaitement sur le sol, et c'est à cette époque qu'il convient de faire un premier usage de la pioche ou de la houe pour extirper les mauvaises herbes dès leur naissance et faciliter la croissance de la betterave. Cette première main-d'œuvre, à laquelle on attache tant d'importance à Magdebourg, est habituellement négligée dans les autres pays, sous prétexte d'économie. On ne fait pas attention dans ce cas, que les herbes parasites enlèvent au sol et à la betterave une partie de leur nourriture, et que, plus tard, elles gèneront tout le développement de la plante.

Aussitôt que les plantes ont atteint 8 centimètres de longueur, et qu'on peut les prendre facilement, on procède à l'isolement des pieds.

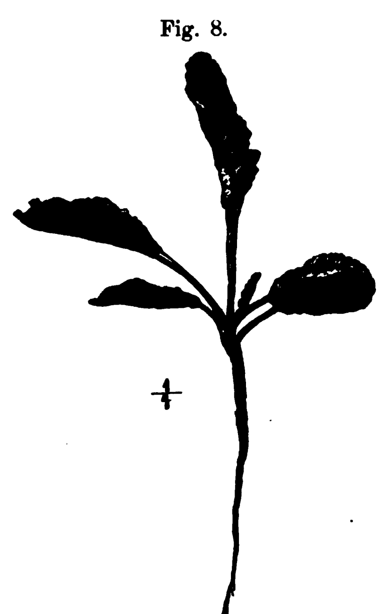
D'une main, on tient la plante la plus forte et la plus vigoureuse, tandis que de l'autre, on arrache tous les pieds qui restent.

Dans les semis en touffes, il arrive souvent que les diverses racines sont entrelacées, et qu'en procédant à l'arrachement, on ébranle la plante qui doit rester seule. Cet inconvénient, qui peut exercer une action fâcheuse sur le développement du végétal, ne se présente pas dans les semis en sillons, les plantes se trouvant dès leur naissance assez séparées pour qu'elles n'aient pas à souffrir de l'enlèvement des voisines. Elles continuent à se développer tranquillement, tandis qu'avec la méthode en touffes, la plante qu'on laisse seule commence d'habitude par s'incliner vers la terre. Elle ne se redresse que le jour suivant, et ne reprend que plus tard sa vitalité complète. —

On a prétendu que c'est à cette période que se forme la tête verte des betteraves, lorsque la partie supérieure de la racine, dégarnie de terre, reste exposée à l'air. —

On doit procéder à l'arrachement des pieds superflus aussitôt que possible. La plante se développe en effet beaucoup plus vite lorsqu'elle n'a plus à partager avec le reste de la touffe la nourriture que renferme le sol. Si les plantes restent trop longtemps ensemble, les feuilles s'allongent et jaunissent, tandis qu'elles conservent leur dimension normale et une couleur vert-foncé, lorsque les racines ont été séparées à temps. Il importe donc de faire à propos ce travail, car les praticiens sont unanimes à reconnaitre que les betteraves éclaircies au moment convenable sont, et plus lourdes, et plus sucrées. Il convient de choisir pour cette opération un temps humide, et on prétend avoir observé que le choix du jour où on l'effectue influe sur la marche ultérieure de la végétation.

Fig. 8.



La figure 8 représente, d'après une épreuve photographique prise à la fin de Mai, la betterave parvenue à cette période de sa croissance.

Le prix de revient de l'éclaircissement varie suivant l'habileté et le choix des travailleurs. On prend d'habitude des enfants, qui s'acquittent mieux de cette tâche, parce qu'ils tassent moins la terre en la foulant. On admet qu'il faut, par hectare, de 16 à 20 journées de travail. Quant au binage, ce peut être un travail facile ou pénible, suivant la quantité d'herbes, l'état des betteraves, le temps; on compte d'habitude pour chaque binage de 16 à 24 journées. Plus tard, l'opération est moins coûteuse qu'au début de la saison.

Immédiatement après l'arrachement des pieds on donne à la terre un second binage. Le sol se trouve ainsi divisé, l'air y pénètre plus facilement, et amène aux radicelles des plantes de nouvelle nourriture. En même temps, cette opération débarrasse le sol des herbes parasites. [En France, aussitôt la graine levée, on donne un premier binage entre les lignes, et, quelquefois, on place en même temps la plante en bouquets; puis on procède au démariage, opération qui consiste à enlever les plantes superflues. Les semis étant faits en général vers le 25 Avril, la première façon se donne le 15 Mai, et la seconde du 10 ou 30 Juin suivant les conditions atmosphériques.]

Ces préparations du sol produisent sur la plante les effets les plus avantageux, et les résultats justifient pleinement ce conseil qu'il faut fortement piocher pour les betteraves, ou encore ce dicton de la campagne: la pioche fait le sucre. Le binage, en divisant le sol, augmente ses propriétés hygrométriques, avantage précieux, surtout pendant l'été, où la betterave a principalement besoin d'humidité. Or, c'est aussi pendant l'été que l'air est le plus chargé d'humidité; celle-ci, pénétrant dans la partie du sol où puisent les racines, amène à la betterave de nouveaux principes nutritifs et lui assure une croissance vigoureuse. En même temps, l'ameublissement du sol permet aux feuilles de se développer plus rapidement, et c'est encore

Fig 9.

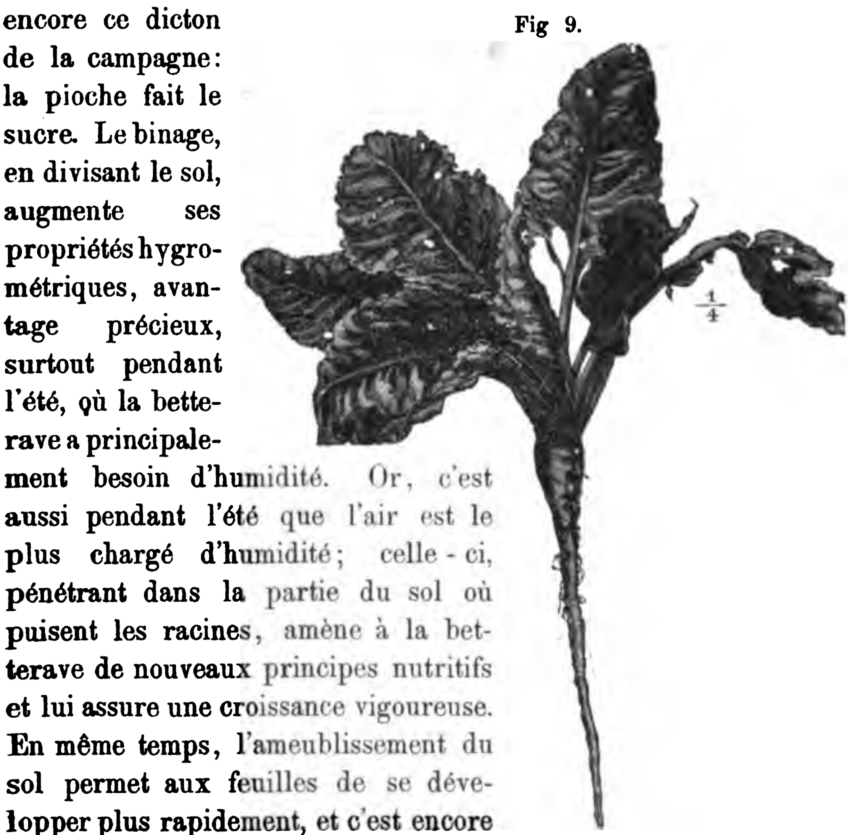


Fig. 10.



là la source d'une production de sucre hâtive et abondante, car, comme nous l'avons déjà dit, l'accumulation du sucre ne commence que lorsque la feuille a acquis toute sa vigueur. Plus tôt ce résultat est obtenu, plus sera grande la quantité totale de sucre. Le tableau de la p. 112 met d'ailleurs en évidence ce fait que, dans la première période de végétation, la betterave s'assimile les substances destinées à la feuille et que la majeure partie du sucre n'apparait qu'après cette première phase. Ainsi, jusqu'au milieu de Juillet, le poids des feuilles l'emporte sur celui des racines. Le 2 Juillet, les racines ne pesaient en moyenne que 174 gr. contre 245 gr. de feuilles. En Juin, la proportion était encore plus faible: pour 50 gr. de racines on trouve 185 gr. de feuilles. — Nous reproduisons ici, (figures 9, 10, 11 et 12), d'après nature, les betteraves parvenues à ces diverses époques de la végétation, c'est-à-dire à la fin de Juin, de Juillet, au commencement de Septembre et d'Octobre. On voit que, dans la première jeunesse, la plante se développe surtout par le feuillage, et c'est une raison pour favo-

riser, par l'ameublissement du sol, cette tendance de la nature. Ces observations sur la végétation ne sont pas d'ailleurs un fait isolé:

En France, Leplay a constaté que, jusqu'au 15 Août, les feuilles sont plus lourdes que les racines; que celles-ci s'accroissent peu tant que les feuilles se développent, et ne commencent à grossir qu'au moment où les feuilles ont atteint leurs dimensions définitives. En même temps, la teneur en sucre augmente avec le poids des racines, et dans une proportion beaucoup plus forte que ce dernier.

Les expériences citées plus haut avaient été faites par moi, en 1861, dans la Russie méridionale. Bretschneider a publié[1] les résultats de ses observations, la même année, en Allemagne. Ces résultats sont les suivants:

Date des observations.	Nombre de betteraves essayées.	Poids d'une racine. Grammes.	Poids des feuilles d'une betterave. Grammes.	Rapport entre la racine et les feuilles.	Sucre dans la betterave. %	Sucre dans 100 parties de jus. %
Variable Juin 12	374	0,2005	?	?	2,13	?
- - 21	16	5,3	?	?	4,78	?
- Juillet 1	4	32,5	?	?	3,12	?
- - 9	3	78,3	286	1 : 3,65	4,99	?
- - 16	3	109,6	226	1 : 2,06	8,86	?
- - 23	3	82,0	168	1 : 2,04	10,24	12,16
- - 29	3	166,0	224	1 : 1,34	?	13,28
- Août 8	3	124,0	107	1 : 0,56	11,27	14,44
Pluie - 10	2	221,0	162	1 : 0,73	9,42	12,72
- - 17	6	238,0	165	1 : 0,69	10,13	12,92
- - 26	3	228,0	121	1 : 0,53	10,52	12,16
- Septembre 4	3	300,0	170	1 : 0,56	12,84	14,88
- - 14	3	257,0	139	1 : 0,54	11,23	14,20
- - 19	1	586,0	346	1 : 0,59	11,45	12,16
- - 19	1	323,0	94	1 : 0,29	11,68	14,20
- - 19	1	214,0	64	1 : 0,30	11,70	13,76
- - 19	1	188,0	65	1 : 0,34	13,04	15,86
- - 19	1	143,0	72	1 : 0,50	11,27	?
- - 19	1	204,0	50	1 : 0,25	13,15	14,88
- - 19	1	169,0	38	1 : 0,22	10,80	13,40
- Octobre 10	3	437,0	?	?	12,03	13,56

La concordance de ces observations faites sur trois pays bien différents prouve péremptoirement que, dans la première

1) Journ. de l'assoc. des fab. allem. p. 578.

période de la végétation, la betterave se développe surtout par les feuilles, tandis que les organes placés dans le sol, les racines, ne croissent que plus lentement: l'inverse se produit dans la seconde période.

Fig. 11.



Le tableau ci-dessus prouve en outre que l'époque la plus favorable pour les binages a duré jusqu'à la fin de Juillet, ou, plus exactement, jusqu'au 8 Août. A ce moment, la plante a atteint la phase de la végétation qui correspond au développement complet des feuilles; c'est donc à ce moment aussi que doit être terminé le travail du sol entre les plantes, puisque le binage a pour but de favoriser la croissance rapide des feuilles, organes de la respiration, et de hâter le moment où commence l'accumulation du sucre par les racines. A la fin de Juillet, ce but est atteint: les feuilles cessent de se développer, et la racine commence à remplir activement ses fonctions propres. A partir

de cette époque, il faut que le sucre puisse se former et se concentrer: il faut donc laisser la plante reposer, et supprimer tout travail à la pioche devenu superflu. Si l'on persistait à ameublir encore le sol, on donnerait un nouvel élan à la croissance des feuilles, mais ce serait aux dépens de la richesse saccharine. Mes recherches prouvent en effet qu'une végétation persistante des feuilles nuit aux jus, tant sous le rapport de la qualité, que sous celui de la quantité. Le dicton des praticiens, qu'il faut laisser dormir la betterave, est donc l'expression d'une vérité que confirment à la fois, et la physiologie même des plantes, et l'expérience de nombreuses années. —

Fig. 12.

1/5

Quant au nombre d'ameublissements qu'il convient de donner au sol jusqu'à cette époque, les avis sont très-partagés. A Magdebourg, dans l'intérêt bien compris des fabricants, on répète d'habitude ce travail trois fois, quelquefois même cinq. C'est pour cela, peut-être, que les betteraves de Magdebourg sont si riches en sucre et que leur jus se laisse travailler si facilement. Dans les autres pays, par suite, soit d'une fausse économie, soit du manque de bras ou du prix élevé de la main-d'œuvre, les cultivateur ses dispensent d'ameublissements aussi fréquents, et ne donnent à la terre que deux façons. Comment s'étonner après cela si l'on n'obtient, ni en quantité, ni en qualité, des rendements satisfaisants.

Les façons trop répétées ne pourraient peut-être avoir d'inconvénients que dans un cas, lorsqu'on aurait affaire à un sol d'un faible pouvoir absorbant pour l'eau, (un sol sablonneux par exemple), dans un climat très-chaud et très-sec. Dans de semblables conditions, j'ai vu des betteraves se flétrir dans le sol même: on pouvait les arracher de terre sans aucune peine, tellement la dessiccation était forte. Pour des terres de cette espèce, un ameublissement répété ne fait que faciliter l'évaporation de l'humidité renfermée dans le sol. Dans ces pays, (Hongrie et Russie méridionale), il conviendrait plutôt de chercher à diminuer cette évaporation naturelle par des plantations d'arbres ou de haies vives. "Les arbres, dit Humboldt, grâce à leur exhalaison et au rayonnement de leurs feuilles sous un ciel sans nuage, restent enveloppés d'une atmosphère fraiche et chargée de vapeurs. Ils exercent une influence capitale sur le régime des sources, non pas, comme on l'a cru longtemps, qu'ils absorbent les vapeurs d'eau répandues dans l'air, mais parce qu'ils protègent le sol contre l'action directe des rayons solaires, et qu'ils diminuent ainsi l'évaporation des eaux pluviales. Si l'on détruit les forêts, comme le font en Amérique les immigrants Européens, (et ceci est encore vrai ailleurs qu'en Amérique), avec une précipitation imprévoyante, on tarit par le fait même les sources, ou du moins, on diminue leur débit dans une forte proportion." Ces phrases ne sauraient mieux s'appliquer que dans la Russie du Sud, où les vents chauds, traversant des steppes dépouillés d'arbres ou de buissons, vaporisent avec une rapidité incroyable l'humidité que renferme le sol. Les recherches de Mr. Charnok démontrent combien est grande cette action desséchante du vent, et combien elle l'emporte sur l'effet de la chaleur solaire. Cet observateur a constaté expérimentalement que le soleil et le vent, agissant simultanément, vaporisaient de 89 à 90 centimètres d'eau, tandis que, en protégeant l'eau contre l'action du soleil, le vent seul évaporait de 59 à 60 centimètres, c'est-à-dire les deux tiers du total. (Farmer's Magazine). Du reste, cette action du vent est bien connue dans la vie usuelle: partout on utilise le hâle pour

sècher le linge. Les haies et les arbres empêcheraient le vent de passer sur les terres avec la même vitesse, et changeraient sa direction. Peut-être même y aurait-il lieu, dans les pays que nous venons de citer, de mêler à la terre, pour les champs de betteraves, une substance hygroscopique sans action nuisible sur la production du sucre: d'une part, cette matière absorberait au profit du sol, et fournirait aux racines, une fraction de l'humidité de l'air; d'un autre côté, elle restituerait à la terre l'humidité qu'aspirent les feuilles, et qui se perd dans l'atmosphère. Or, cette évaporation par la large surface des feuilles de betteraves est loin d'être négligéable. Mr. Philipps a en effet trouvé que les feuilles du polianthus évaporent ainsi 11 gr. par décimètre carré et par jour. (Cuthbert W. Johnson. Farmer's Magazine 1861).

Mais les circonstances dans lesquelles un ameublissement trop répété du sol nuirait à la betterave sont très-rares, et ne se présentent pas dans les climats propices à la fabrication du sucre. La pioche reste donc, en général, pour le cultivateur, un instrument précieux, et il a tout avantage à l'employer à plusieurs reprises. Il convient d'ailleurs de n'employer pour ce travail que des outils bien aiguisés: ils arrachent et séparent mieux les herbes; ils s'enfoncent plus avant dans le sol qu'ils ramènent ainsi à un état de division plus grand. Comme les outils s'émoussent facilement dans la terre mêlée de sable, et qu'on doit les aiguiser souvent, nous recommanderons les meules montées sur brouettes, qui permettent de faire l'opération sur le champ lui-même. Lorsqu'on emploie la pioche, et surtout la première fois, il faut faire bien attention à ménager la terre autour de la betterave et à ne pas exposer à l'air la partie supérieure de la racine. On formerait ainsi ce qu'on appelle des têtes vertes, qui ne contiennent qu'un jus impur et pauvre en sucre.

Il est essentiel, d'autre part, que la pioche n'endommage aucune feuille. Nous en avons déjà vu les motifs en traitant de la croissance des feuilles: les feuilles sont des organes essentiels de la betterave; elles vont chercher dans l'atmosphère la

nourriture de la plante et favorisent l'échange des gaz; c'est leur formation qui retarde le développement de la racine et la production du sucre; en brisant les feuilles, on retarde donc d'autant ces dernières actions.

On remplace souvent la pioche par l'action des machines, dont la supériorité ou les inconvénients, par rapport au travail à la main, sont très discutés et peuvent être très-variables suivant les circonstances locales. Il est certain que, dans la culture des betteraves, la machine ne saurait suppléer entièrement aux soins de l'ouvrier. Ainsi, elle ne peut approcher des racines sans s'exposer à les endommager. La machine ne peut donc, en tout cas, servir que pour les bandes de terre éloignées de plus de quelques centimètres de chaque côté des plantes de betteraves.

Mais, si l'on réduit la question à ces termes: quelle est la meilleure manière et le système le plus économique pour débarrasser d'herbes et ameublir ces parties du terrain, la réponse est tout à l'avantage des machines, qui, trainées par des chevaux, travaillent plus vite et plus économiquement que des ouvriers dont le recrutement est d'ailleurs souvent difficile.

Dans les grandes cultures, la machine est tout-à-fait indispensable, car il est à peu près impossible de disposer d'un nombre de bras suffisant, pour un temps assez court, mais déterminé. Les petites exploitations, dans les pays peuplés, peuvent seules trouver le personnel qui leur est nécessaire pour ce travail. Et encore, même dans ces conditions, les machines, déjà si utiles pour les cultures importantes, ont l'avenir pour elles, car elles seront toujours plus économiques que le travail de l'homme.

La machine la meilleure est celle de Garret que représentent les figg. 13 et 14. Dans chaque intervalle, deux couteaux détruisent les herbes: la machine peut nettoyer à la fois quatre bandes ou même, au besoin, un plus grand nombre. Les couteaux sont mobiles, ce qui permet de n'endommager en rien les racines, et la manœuvre est si facile, qu'un ouvrier se met

très-vite au courant de son fonctionnement, et peut conduire la machine presque sans apprentissage.



Fig. 13.

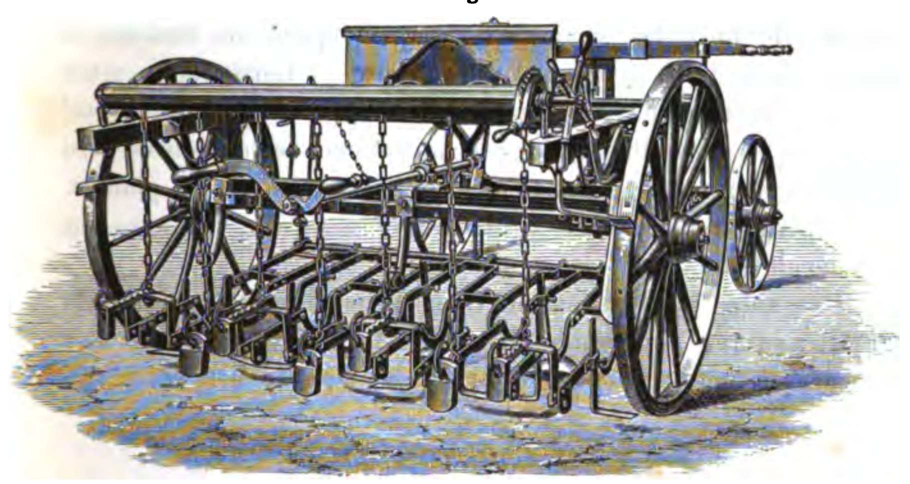
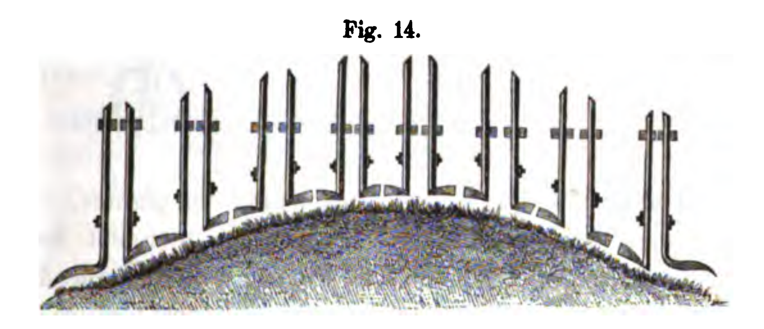


Fig. 14.



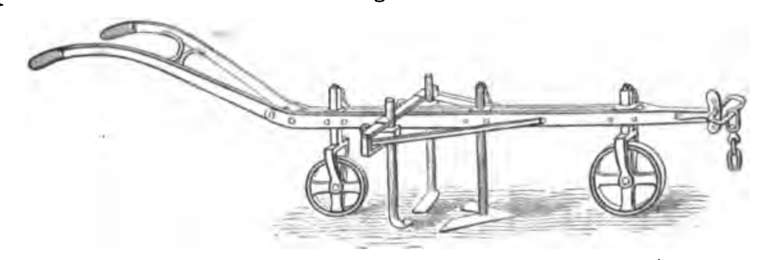
La machine peut s'employer même sur des surfaces ondulées ou inégales; il suffit de disposer convenablement les pièces mobiles qui portent les couteaux.

Une semblable machine peut travailler environ trois hectares par jour, et c'est à ce titre qu'elle rend de grands services pour la culture de la betterave: au printemps, les mauvaises herbes apparaissent à la même époque sur tous les champs, et c'est le moment le plus favorable pour nettoyer la terre, si l'on veut assurer la croissance de la betterave, et empêcher que la plante ne soit étouffée. D'ailleurs, si les

semis ont été faits en temps opportun, l'éclaircissement des pieds et le binage doivent être pratiqués presque immédiatement, ce qui rend encore plus difficile le recrutement d'ouvriers en nombre suffisant. Aussi convient-il, pour éviter cet inconvénient, de faire les semis à diverses époques, de manière à espacer un peu les opérations ultérieures. — Lorsqu'on a ainsi nettoyé à la machine l'intervalle qui sépare les plantes, il ne reste plus à travailler à la pioche qu'une bande étroite de quelques centimètres, immédiatement voisine de ces plantes. Cette opération peut alors se faire très-aisément, et avec un petit nombre de bras.

Une autre machine nommé Charrue piocheuse, et construite par Ransome, est représentée dans la figure 15. Elle sert également à nettoyer et ameublir les champs de betteraves, se

Fig. 15.



règle facilement pour les divers écartements des plantes, et produit beaucoup de travail. Les fers qui maintiennent les couteaux dans le sol et les relient au corps de la charrue doivent être ronds. L'herbe s'y attache moins qu'à des fers carrés et les pièces restent toujours propres, le travail est bien plus facile. Il va de soi que toutes ces machines ne peuvent s'employer que par un temps sec. Du reste, quand le sol est trop mouillé, le mieux est de s'abstenir de tout travail.

Après avoir ainsi suivi les opérations qu'exige la betterave dans la première phase de sa croissance, nous devons examiner maintenant quelle influence la culture, les conditions climatériques, et la nature du sol peuvent exercer sur la constitution et la composition chimique de la plante, et les transformations qu'elle subit à ces deux points de vue.

Le jus de la betterave est une dissolution dans l'eau de diverses substances solides, savoir: du sucre, des sels, des matières azotées (protéiques), et un mélange de corps de nature organique sans caractère chimique bien tranché, les substances extractives. La teneur en eau des betteraves varie avec les années, suivant les saisons humides ou sèches. Elle change également dans les diverses périodes du développement, la proportion d'eau étant plus forte dans les betteraves jeunes.

Bretschneider a trouvé, pour la quantité d'eau contenue dans les jus à diverses époques:

le 20 Juillet	88,78 %
le 9 Août	88,99 -
le 31 Août	86,62 -
le 15 Septembre	85,46 -
le 30 Septembre	82,19 -
le 16 Octobre	82,19 -

Le rapport en poids qui existe entre le sucre et les autres substances solides du jus, se désigne habituellement sous le nom de quotient de richesse saccharine de Balling. C'est le nombre qui indique combien 100 parties de substances solides du jus renferment de sucre; il exprime directement la valeur relative des jus pour la fabrication, et, à ce titre, nous aurons souvent à l'employer dans cet ouvrage. Tous les autres corps que contient le jus, en dehors du sucre, se désignent sous le nom de substances étrangères.

En coupant une betterave, on la trouve composée d'un grand nombre de couches concentriques. Il existe une relation remarquable et non encore expliquée entre l'épaisseur de ces couches et la richesse saccharine du jus. Les couches les plus épaisses renferment la plupart du temps un jus moins concentré, moins riche en sucre, que les couches plus minces.

Ces couches concentriques disposées autour d'un noyau axial commun, (d'après Schacht et Bretschneider), sont en relation organique directe avec les différents cercles de feuilles. Les feuilles extérieures, les plus anciennes, commu-

niquent avec les couches intérieures de la racine, les plus anciennes également. Au contraire, les feuilles intérieures, plus jeunes, sont en relation avec les couches extérieures, qui sont les dernières formées. On serait donc presque en droit d'en conclure que la nourriture de chaque couche se fait, en majeure partie, par le cercle de feuilles qui lui correspond.

Pour vérifier l'exactitude de cette opinion, Bretschneider, dans des expériences instructives et parfaitement entendues, a cherché le rapport qui existe aux diverses époques de la végétation, entre le développement des feuilles et le nombre des couches de la racine. Il a trouvé les résultats suivants:

	Feuilles développées.	Couches concentriques de la racine.	
Le 20 Juillet	9—12	4	
- 9 Août	15—18	5—7	
- 31 Août	18—28	7—8	Beaucoup de feuilles avaient déjà jauni et étaient en partie tombées.
- 15 Septembre	18—28	7—8	
- 30 Septembre	18—28	7—9	
- 16 Octobre	18—28	8—9	

Les couches extérieures d'une racine communiquant avec les feuilles intérieures petites, moins vivaces, et souvent poussées après les pluies dans l'arrière saison, ces couches devraient donc contenir moins de sucre que les couches internes reliées aux feuilles les plus grandes.

Bretschneider trouva en effet que la couche extérieure était la plus pauvre en sucre: le 17 Août, il détermina la teneur en sucre de chacune des couches concentriques, il trouva:

pour la tête de la racine	9,38%	de sucre
- - 6e couche (extérieure)	9,38 -	-
- - 5e - -	12,31 -	-
- - 4e - -	11,78 -	-
- - 3e - -	11,07 -	-
- - 2e - -	10,93 -	-
- - 1e - (intérieure)	10,15 -	-
Extrémité de la racine	9,95 -	-

Il en conclut avec Schacht que les feuilles vertes développées les premières ont une influence essentielle sur la production du sucre, que ce sont, à proprement parler, les organes de formation de cette substance.

Il semble que les feuilles, au début, s'approprient seules toute la nourriture du sol et de l'atmosphère. Lorsqu'elles ont atteint un développement et une surface suffisants, elles concourent à la nourriture des couches de la racine auxquelles elles sont reliées. Enfin, dans la dernière période, toute leur activité se porte sur la production du sucre.

Cette hypothèse sur les fonctions des feuilles a été confirmée par des expériences très-intéressantes de Schacht. Le 14 Août, il choisit six betteraves dont le jus renfermait 8, 6 et 8,34% de sucre; il enleva toutes les feuilles formées, ne laissant subsister que les petites feuilles du milieu de la cime. Le 15 Septembre, ces betteraves avaient produit de nouvelles feuilles dont la couleur fraîche tranchait nettement sur la teinte déjà jaune du reste du champ; ces nouvelles feuilles furent enlevées de nouveau et d'une manière complète; elles avaient repoussé, pour la seconde fois, le 15 Octobre. Au moment de la récolte, le 31 Octobre, on trouva que les betteraves écimées deux fois donnaient un jus marquant 12% Balling 6°,7 (Baumé); et contenant 8,34% de sucre, tandis que les betteraves qu'on avait laissé mûrir tranquillement sans les effeuiller donnaient un jus à 16% Balling (8°,9 Baumé), et 13,72% de sucre. Une seconde expérience analogue, sur un champ fumé, donna: pour les betteraves non effeuillées 14% Balling (7°,7 Baumé), et 9,96 de sucre dans 100 de jus;
pour les betteraves effeuillées 9% Balling (5°,1 Baumé) et 5,34 de sucre dans 100 de jus.

(Journal de l'assoc. des fab. all. T. XI., p. 135.)

Les betteraves effeuillées avaient cependant atteint le même poids que les autres. On en doit donc conclure que les feuilles vertes, parvenues à leur entier développement, ne servent plus à accroître le poids de la racine, mais qu'elles ont pour fonction spéciale la production du sucre.

D'après cela, une saison qui gênera la formation des feuilles aura pour conséquence un faible rendement en sucre. Dans le tableau cité, au début de ce chapitre, sur la croissance des betteraves russes, on voit que la teneur en sucre atteignait son maximum, 13,4%, le 4 Septembre, tandis qu'en Octobre, la proportion n'était plus que de 7,8%. Sous l'influence d'un temps sec jusqu'au 4 Septembre, les feuilles s'étaient flétries et étaient en partie tombées. Une forte pluie qui survint développa bien une quantité de nouvelles feuilles, mais ces feuilles étaient trop petites pour exercer activement leurs fonctions. Par suite, la substance de la betterave, son poids, continuèrent bien à croître, mais il n'en put être de même pour la teneur en sucre. Un été sec, suivi d'une arrière-saison pluvieuse, ne donnera jamais une récolte dont le fabricant ait lieu de se réjouir, la majeure partie des feuilles se développant à un moment défavorable. Dans un pareil cas, il pourrait être avantageux de laisser en tas les betteraves sorties de terre et encore garnies de leurs feuilles. On donnerait ainsi à ces derniers organes le temps suffisant pour épuiser et achever leur action sur la formation du sucre. En même temps, on éviterait l'absorption par la racine des matières nuisibles et en excès que peut céder le sol. — Toute perte de feuille pendant la végétation, qu'elle provienne de la grêle, des insectes, etc., aura toujours pour conséquence un rendement en sucre plus faible.

Cette manière d'envisager l'action des feuilles sur la production du sucre était déjà celle d'Achard, en 1812: "En enlevant les feuilles, dit-il, on empêche les matières grossières qu'absorbent les racines de se purifier, de se diviser et de s'élaborer."

Il ne faudrait pas croire, néanmoins, que la richesse en sucre de la betterave dépende exclusivement des feuilles, de leur grandeur et de leur nombre. S'il en était ainsi, comment expliquer les faits observés par Leplay, que, sur un sol calcaire, les betteraves ont des feuilles petites et peu nombreuses, mais sont plus sucrées que sur d'autres terrains où les feuilles

acquièrent un plus grand développement. Le sol et la nourriture qu'il peut céder à la plante sont des agents encore plus puissants, pour la production du sucre, que les feuilles elles-mêmes.

Les betteraves ont des compositions très-variables, non-seulement aux diverses périodes de leur croissance, mais sur le même champ, et à la même époque. Ainsi, on trouve souvent des quantités de sucre très-différentes sur deux betteraves immédiatement voisines. On doit donc analyser un grand nombre de plantes prélevées en différents endroits, lorsqu'on veut apprécier la valeur d'une récolte. Comme les betteraves, en vertu de leur forme même, ne s'alimentent que dans un très-petit cercle, il se peut que cette variété de composition provienne de la mauvaise répartition des engrais; les racines pourraient de la sorte avoir des nourritures toutes différentes, et, par suite, des propriétés très-dissemblables.

Chaque betterave a deux racines voisines, souvent disposées en spirale, souvent aussi plongeant verticalement dans le sol et munies des radicelles d'absorption. Ces derniers appendices ne sont pas ici répandus sur toute la surface. Ils sont d'autant plus longs et plus forts que le sol est plus pauvre. Ils vont donc chercher au loin la nourriture que la plante ne trouve pas immédiatement près d'elle. Souvent même, on trouve la racine entièrement ramifiée. Mais, si le sol renferme assez de principes nutritifs, les radicelles restent petites et insignifiantes. Elles ne se forment en grande quantité qu'à la suite des pluies. D'un autre côté, le sous-sol parait exercer une influence sensible sur la racine. Dans une terre meuble, humide et riche, les racines pénètrent profondément avec de faibles diamètres. D'après Schacht, elles peuvent ainsi descendre jusqu'à $2^m,50$ et 3^m. A Czakobitz, on en aurait trouvé qui étaient descendues jusqu'à $1^m,50$ et avaient alors pénétré dans des tuyaux de drainage. A ces profondeurs, la plante se nourrit surtout dans les couches inférieures, et ses radicelles sont petites, mais en grand nombre.

Ainsi que l'ont prouvé tous les chiffres déjà donnés, la betterave gagne notablement en poids pendant la végétation. Toutes les expériences s'accordent à le démontrer.

Balling[1] a trouvé, pour 30 betteraves, les poids suivants:

le 29 Août . . 25k,550 soit par betterave 0k,851
le 15 Septembre 30k,180 - - - 1k,060
le 30 Septembre 34k,250 - - - 1k,142

Chaque betterave avait donc augmenté de 125 grammes environ en 15 jours.

Si donc on plante à un écartement de 0m,35, soit 80,000 pieds à l'hectare, on obtiendra (à 70%) 56,000 betteraves. La récolte pèsera donc:

le 15 Septembre à 500 gr. par racine . . . 28,000k
le 30 - 28,000k + 0k,125 × 56,000k = 35,000k
le 15 Octobre . 35,000k + 0k,125 × 56,000k = 42,000k

Bretschneider a publié[2] les résultats suivants de ses recherches:

	Poids moyen d'une betterave.	Poids théorique à l'hectare déduit du chiffre précédent.
20 Juillet	0k,043	3,440k
9 Août	0k,155	12,400k
31 -	0k,299	23,920k
15 Septembre	0k,361	28,880k
30 -	0k,367	29,360k
16 Octobre	0k,426	34,080k

Ces chiffres ne sauraient d'ailleurs être considérés comme une règle absolue, surtout en ce qui concerne l'accroissement très-faible du 15 au 30 Septembre. Il y a toujours en effet une certaine incertitude à appliquer à de grandes quantités les résultats d'observations faites sur un petit nombre de pieds.

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. Tôme. 9.
2) Journal de l'assoc. des fab. allem. T. 10, p. 155.

Tous les cultivateurs savent par expérience combien un développement lent de la betterave est favorable au rendement de la récolte. — Mais, au point de vue de la fabrication, il est surtout important de suivre l'accroissement du sucre dans la betterave pendant les derniers jours de sa végétation.

Dans ses recherches faites en 1859 sur des betteraves de Bohême, Balling a trouvé pour la quantité de sucre les chiffres suivants:

	Quantité du sucre pour 100 de jus.	Quantité de sucre dans 100 parties des substances solides du jus.
29 Août	9,13 %	73 %
15 Septembre	11,00 %	76 %
30 Septembre	13,07 %	80 %

De son côté, Bretschneider a trouvé, en 1860, sur des betteraves allemandes:

	Sur 100 de betteraves.	Dans 100 parties des substances solides du jus.
20 Juillet	4,59 % de sucre	40,46 % de sucre
9 Août	5,15 % -	46,77 % -
31 -	7,81 % -	58,37 % -
15 Septembre	9,17 % -	62,98 % -
30 -	11,81 % -	66,31 % -
16 Octobre	11,90 % -	66,81 % -

Enfin, des expériences faites en 1859, sur des betteraves russes, m'ont donné les nombres suivants:

	Sur 100 de jus.		Sur 100 parties des matières solides du jus.
	Degré Balling.	Taux % de sucre.	Taux % de sucre.
1859. (1e année de végétation.)			
27 Juillet	13	9,41	72,4
12 Août	15,8	11,83	75
27 -	15	11,83	78,3
12 Septembre	16,2	14,17	87,4
Pluies abondantes.			
26 Septembre	14,6	11,83	81
1860. (2e année de végétation.) (1)			
28 Avril	16,5	11,83	73,25
20 Juin	4,2	1,00	24,3

Ces expériences prouvent que, parallèlement au développement de la racine, la quantité de sucre augmente dans le jus, et qu'elle augmente plus rapidement que les autres matières solides du jus. Une récolte tardive donne donc au fabricant, non seulement des jus plus riches en sucre, mais aussi des jus plus purs, c'est-à-dire qui contiennent moins de sels et de matières azotées sur 100 de matières solides, qui, par suite, se purifient plus facilement, et donnent à moins de frais une plus forte proportion de sucre cristallisable. On peut expliquer ainsi pourquoi les betteraves semées trop tard se travaillent mal en fabrique, et pourquoi il y a toujours intérêt à hâter l'ensemencement.

J'ai du reste cherché à faire ressortir directement l'influence des semis précoces sur la qualité des jus. Les expériences ont été faites en 1861 à Sméla (Russie méridionale). Toutes les

1) Il semble d'après ces résultats que la quantité proportionnelle de sucre contenue dans la betterave décroit dans la seconde année de la végétation, suivant une gradation inverse de ce qui s'observe la première année.

betteraves furent analysées le 10 Octobre, et donnèrent les résultats suivants:

Date des semis.			Composition du jus.				
12 Avril	11,2%	Balling	8,5	de sucre et		76%	sur 100 de matières solides.
28 Avril	11,5%	-	8,3	-	-	72%	
12 Mai	11,7%	-	8,3	-	-	71%	

Ces nombres font ressortir très-clairement l'inconvénient des semis tardifs au point de vue de la pureté des jus. Dans les essais au polarimètre, les jus des betteraves semées le 28 Avril et le 12 Mai se troublaient très-rapidement, pendant que celui des betteraves semées le 12 Avril restait clair. Or, l'expérience indique que les betteraves dont le jus se trouble vite sont difficiles à travailler en fabrique. C'est ce que j'ai maintes fois vérifié pendant mes voyages dans les fabriques de Bohême, en 1857—1858. Il faut donc en conclure que, toutes choses égales d'ailleurs, les betteraves semées de bonne heure et qui se sont développées normalement sont bien plus avantageuses, tant pour la facilité du travail, que comme rendement en sucre.

Marchand a publié, (Annales de l'agriculture), des résultats analogues tirés de ses propres observations:

Dates des semis.	Densité du jus en degrés centésimaux Balling.	Sucre. %	Autres substances solides. %	Eau. %	
5 Mai . .	16	12,5	7,3	80,2	100
10 Mai . .	15	11,5	5,7	82,8	100
25 Mai . .	13,6	10,5	5,6	83,9	100
5 Juin . .	12,6	8,9	5,6	85,4	100

Les années humides produisent des résultats semblables, les pluies développant, pour ainsi dire, une seconde végétation qui nuit à la pureté du jus. C'est ce que démontre la différence entre les jus du 12 au 26 Septembre 1859 dans le

tableau d'expériences que j'ai donné plus haut. De grandes pluies peuvent aussi, comme la chûte des feuilles après de grandes chaleurs, amener un ralentissement soudain dans la végétation, et, à la suite, une augmentation dans la richesse saccharine. Bretschneider, qui a fait de cette influence l'objet d'expériences précises[1], en conclut avec raison à la nécessité de noter exactement les influences météorologiques.

Toutes ces données sur l'influence favorable qu'exerce une végetation lente sont d'ailleurs confirmées par les analyses de Bretschneider[2]. Ses expériences montrent comment, dans les dernières phases de la végétation, se ralentit la production des matières minérales et organiques de la betterave, le sucre excepté; comment, par suite, l'analyse doit indiquer une proportion de plus en plus faible de ces matières. Il a trouvé:

	Sur 100 parties de betteraves. Teneur	
	en cendres %.	en matières azotées %.
20 Juillet	7,31	18,61
9 Août	6,81	18,67
31 Août	6,66	15,06
15 Septembre	5,02	14,74
30 Septembre	4,33	13,92
16 Octobre	3,83	12,84

La proportion des éléments minéraux de la betterave s'était donc réduite presque à la moitié de la quantité initiale, celle des éléments azotés aux deux-tiers. Ce serait dès lors un grand progrès pour la fabrication, si l'on pouvait prolonger cette amélioration des jus, même en moindre proportion, en laissant la végétation se continuer après que la récolte a été

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. T. 2, p. 580.
2) d° T. 10, p. 160.

sortie de terre, en laissant faner sur le sol la betterave encore munie de ses feuilles. En tout cas, cette idée mériterait, comme nous l'avons déjà dit, d'être étudiée d'une manière expérimentale.

Les betteraves plus anciennes, développées plus lentement, paraissent donc renfermer, et plus de sucre, et moins de corps étrangers, que les plantes plus jeunes. De même, pour des betteraves de nature identique, la différence de grosseur parait généralement amener une différence dans la qualité, les racines les plus petites étant habituellement les plus sucrées, et les plus pauvres en sels. Herrmann a trouvé:

	Dans des betteraves de Silésie.				Dans des betteraves de Sibérie.	
Des taux % de sucre de	11,4	9,4	9,5	7,4	5,9	5,1
pour des betteraves du poids de . .	175 gr.	380 gr.	670 gr.	1 300 gr.	470 gr.	1 160 gr.

Knapp admet que, dans la Russie d'Europe, jusqu'au 50e degré de latitude Nord, des betteraves

de	125	à	250	gr. contiennent	de	10	à	13 %	de sucre
-	250	-	500	- -	-	9	-	12 -	-
-	500	-	1000	- -	-	8	-	11 -	-
-	1000	-	2000	- -	-	7	-	10 -	-

Le rapport du parlement sur la production du sucre en Irlande[1] constate également que la proportion de sucre varie en raison inverse du poids des betteraves.

J'ai extrait le tableau suivant de l'ensemble des recherches de Balling sur les betteraves de Bohême.

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. T. 3, p. 32.

Poids des betteraves. (grammes.)	Nombre d'expériences.	Quantité de sucre dans 100 parties de jus.	Proportion de sucre sur 100 de matières solides du jus.
250 à 750	28	13,5	80
750 à 1000	22	12,7	78
1000 à 1250	23	12,2	79
1250 à 2500	29	11,7	77
	102		

La moyenne des 102 expériences de Balling, le seul observateur qui, depuis longues années, ait noté exactement le poids des betteraves analysées, prouve qu'en général les betteraves les plus petites ont un jus plus sucré, plus pauvre en matières étrangères et par conséquent plus pur[1].

Toutefois, ce résultat ne saurait être posé comme une règle absolue: il ne s'applique qu'à des betteraves de même nature, et dans la même période du développement.

Ainsi, Balling a trouvé postérieurement, le 29 Août 1852, pour des betteraves de

$0^k,500$ à 1^k, 10,2% et 73 de sucre } sur 100 de matières
1^k à $1^k,250$, 7% et 60 de sucre } solides du jus.

Ces betteraves de 1^k étaient donc moins riches en sucre, le 29 Août, que celles de 1,500 grammes en Octobre, d'après le tableau précédent.

Ça et là, et à titre d'exception, on trouve de grosses betteraves aussi riches en sucre que les petites. Ainsi, sur les 102 expériences, la proportion de sucre a atteint, comme maximum, 15,16 sur des betteraves de 1250 grammes et au de là, et pour les plus petites, pesant moins de 750 grammes, le minimum est de 7%. Toutefois, ces résultats isolés ne sauraient infirmer un fait général et aujourd'hui constaté dans tous les pays. Ainsi Leplay, en étudiant les betteraves fran-

1) Nous avons vu qu'à volume égal les betteraves les plus lourdes sont aussi, en général, les plus riches en sucre.

çaises, conclut également que les petites betteraves sont d'habitude plus riches en sucre. [M. Dubrunfaut admet que les grosses racines sont généralement d'une qualité inférieure aux petites, et donne de ce fait l'explication suivante: les tissus vasculaires qui correspondent aux feuilles, siége de la sécrétion saccharine, et aux fibres radicellaires qui puisent dans le sol les substances salines, sont les canaux qui fournissent aux cellules, par endosmose, les matériaux qui y sont mis en réserve pour les besoins de la seconde végétation. Le rapport de ces canaux aux cellules étant plus grand dans les grosses que dans les petites racines, on comprend que les cellules de ces dernières soient relativement mieux approvisionnés en matériaux nutritifs que les cellules des racines plus développées.] Le producteur trouve donc avantage, en rapprochant les plantes, à réduire autant que possible la grosseur des racines. L'écartement des semis devrait d'ailleurs être toujours calculé, pour chaque sol, en tenant compte de sa fertilité, (peut-être de la quantité d'ammoniaque qu'il renferme?). Moins la terre possède d'éléments assimilables, et plus il faut espacer les semis. Plus elle est riche en principes nutritifs tels que l'ammoniaque, les phosphates solubles, plus il faut réduire l'écartement.

L'opération qui consiste à recouvrir de terre la tête de la betterave après les façons, le buttage, est un excellent procédé, très-avantageux pour le rendement, à condition qu'il soit entièrement terminé avant le milieu du mois d'Août. Beaucoup de fabricants font toujours butter les racines au moment même du binage, et cette pratique est rationnelle. On ne doit en effet, dans la culture de la betterave, négliger aucun moyen pour réduire autant que possible la partie de la racine hors de terre, car cette partie a toujours moins de valeur que le reste, pour la fabrication. [Il résulte d'expériences récentes, que la lumière solaire exerce sur le sucre de canne une action éminemment funeste: si on enferme dans des tubes scellés une dissolution de sucre candi pur et que l'on conserve l'un des tubes dans l'obscurité, tandis que l'autre demeurera exposé à la lumière, on pourra bientot se convaincre que le sucre du

premier tube n'aura subi aucune altération, et au contraire l'analyse révélera dans le second une notable proportion de glucose. On peut voir dans ce fait une des causes pour lesquelles les betteraves qui sortent beaucoup de terre, ne donnent qu'un jur coloré et d'un travail difficile. C'est là un mal auquel pourrait semédier la pratique du buttage. —] Si la betterave, par suite même de sa structure, doit toujours présenter une tête, l'intérêt du cultivateur est de conserver, autant que possible, à la betterave son caractère de racines.

A côté du mode de culture ordinaire de la betterave, la culture plate, on emploie quelquefois un mode différent, la culture en ados, ou sur monticules rapportés en surélévation. On motive cette pratique en disant que la betterave en contact avec une plus grande quantité de terre végétale, y trouve plus de nourriture assimilable, que le soleil échauffe mieux ces tertres et active la végétation, enfin que, dans les années pluvieuses, ou sur un sol humide, l'eau s'absorbe plus vite et produit sur la plante moins d'effets nuisibles.

Ce dernier avantage n'existe cependant que sur les champs placés en contre-bas par rapport aux terres voisines. Sur les champs élevés et à sous-sol perméable, la culture plate donne de tout aussi bons résultats que l'autre méthode. En 1861, j'ai essayé des betteraves cultivées, dans les deux procédés, sur une terre élevée, à Corson (Russie du Sud). Leur jus avait la même composition moyenne. Il marquait 14,8 % Balling (8°,2 Baumé), et contenait 11 % de sucre, soit 74 de sucre pour 100 de matières solides.

Les résultats des deux cultures sur un sol encaissé furent tout différents: la culture plate donna des jus de 11,7 % Balling, (6°,5 Baumé), et 6°,7 % de sucre soit 59 % de sucre sur 100 de matières solides. La culture en ados donna des jus à 15 % Balling, (8°,32 Baumé) et 10,9 % de sucre, soit 73 de sucre sur 100 de matières solides. Dans de pareilles conditions, la culture en ados avait donc fourni d'excellents résultats. [La culture en billons recommandée par quelques agriculteurs n'est pas généralement adoptée en France: si elle réussit par-

fois, dans les années humides, elle est désastreuse dans les années de sécheresse, elle augmente la surface d'évaporation du sol et laisse la betterave exposée à l'action desséchante du soleil et du hâle.]

Si, en terminant ce chapitre, nous jetons un regard sur l'ensemble de la culture des betteraves, nous trouverons, que, jusqu'à ce jour, nous ne connaissons qu'un bien petit nombre des conditions à remplir pour arriver à ce que, dans tous les cas, les betteraves renferment, et le maximum de sucre, et le minimum de sels étrangers. Des betteraves contenant de 16 à 18 % de sucre sont encore des exceptions, mais pourquoi ces exceptions ne deviendraient elles pas la règle? En suivant de près les conditions dans lesquelles se développent de pareilles betteraves, on devrait arriver à éliminer les influences accidentelles, et réaliser ainsi le but essentiel de la production. C'est une question capitale pour notre industrie, question dans laquelle les premiers pas ne datent que de quelques années.

Quant au problème qui reste ensuite à résoudre pour transformer en produit commercial le sucre contenu dans la betterave, la difficulté est beaucoup moindre, et nous sommes bien plus rapprochés de sa solution complète.

Les conditions d'extraction du sucre en fabrique sont en effet étudiées depuis plus longtemps et bien plus à fond que les lois de sa production dans le sein de la terre.

Chapitre V.

Constitution anatomique et chimique de la betterave. Valeur comparative des racines, d'après leur composition.

[La racine de la betterave à sucre est généralement conique, la partie inférieure présente de petits renflements annulaires; fréquemment, surtout dans les variétés originaires de Silésie, on remarque deux dépressions latérales, sortes de crevasses longitudinales symétriquement opposées l'une à l'autre, dans lesquelles les radicelles naissent en grand nombre: Cette racine

n'a le plus souvent qu'un pivôt unique; cependant elle se sépare quelquefois en fourche, et même, dans les terrains pierreux la résistance du sol détermine la formation de pivots plus nombreux. Les radicelles de la betterave présentent cette curieuse particularité, mise en évidence par M. Decaisne, qu'elles prennent naissance à l'intérieur de la plante et percent ensuite le parenchyme cortical pour exercer leurs fonctions extérieures. M. Méhay avait déduit de ce fait que ces radicelles devaient dès lors pouvoir apparaitre sur des surfaces artificielles produites par des sections faites sur les racines, et en s'appuyant sur cette hypothèse, il avait cru pouvoir effectuer la reproduction de la betterave par bouturage. L'expérience n'a pas pleinement confirmé cette manière de voir: en effet, les morceaux plantés végetent et est vrai, donnent des radicelles, mais ne reproduisent pas de bourgeons.

La partie supérieure qui porte les feuilles, le collet, a une longueur de plusieurs centimètres, c'est une véritable tige qui ne s'allonge d'ordinaire que dans la seconde période de végétation. La section suivant le grand axe laisse dans le collet un centre médullaire assez large qui va en se rétrécissant et disparait bientot, c'est la partie de la betterave la moins riche en sucre la plus chargée en substances salines, c'est encore celle qui a le plus de tendance à l'altération. Le restant de la racine est composé de faisceaux vasculaires longitudinaux, ils présentent une texture fibreuse et sont intercalés de tissu médullaire.

Une section perpendiculaire à l'axe détermine dans cette portion de la racine des tranches formées de zones concentriques, constituées successivement par du tissu cellulaire et par du tissu vasculaire, et alternant ainsi jusqu'au centre. Le tissu cellulaire, qui est le siége de la sécrétion saccharine, se détache en anneaux d'un blanc plus mat. Les parois des cellules sont formées par de la cellulose imprégnée de pectose: quelques cellules d'apparence sombre contiennent des agglomérations cristallines d'oxalate de chaux, et sont surtout abondantes dans les régions les plus voisines du collet. Ces anneaux sont composés par

une agrégation d'utricules microscopiques fort nombreuses, et si l'on réfléchit que, malgré cela, les cellules ne représentent que 3 à 5 % du poids de la betterave, on sera stupéfait de la ténuité de leurs parois: d'après Pelouze cette racine consistante et ferme, contient si peu de matière fibreuse ou cellulosique que si on pouvait déchirer toutes les outres microscopiques qui la constituent elle serait parfaitement liquide.

Sur une betterave parvenue à la fin de la première période de sa végétation, on peut remarquer sept formations circulaires outre la formation centrale: la betterave qui a porté graine présente la même apparence sauf que les anneaux sont au nombre de dix.

M. Dubrunfaut a observé que les utricules centrales des zones sont plus riches en sels et plus pauvres en sucre que les utricules voisines des vaisseaux: cette observation autorise à affirmer que les cellules se pourvoient des substances qui circulent dans les vaisseaux, par voie d'endosmose, c'est à dire en vertu des lois de la diffusibilité. En effet, la diffusibilité des sels étant beaucoup plus grande que la diffusibilité du sucre, on peut comprendre et expliquer ainsi l'inégale richesse des cellules en sucre et en sels suivant la position qu'elles occupent par rapport aux vaisseaux.

La betterave pendant sa végétation produit d'une manière continue de nouveaux faisceaux vasculaires: les faisceaux nouveaux entourent les anciens et en sont séparés par la partie du parenchyme cortical placée en dedans de la formation nouvelle. Tous les faisceaux anciens conservent leur élément cortical et s'accroissent après qu'ils ont été enfermés par les faisceaux extérieurs; les formations circulaires acquièrent ainsi une largeur d'autant plus grande qu'elles sont plus intérieures et toutes contiennent des tissus récents; c'est sans doute à cette circonstance qu'est due la grande proportion de sucre que contient la betterave et la difficulté que l'on éprouve à la conserver.

D'après Payen, le tissu épidermique, formé de quatre ou cinq couches d'utricules minces et aplaties, consiste surtout en

cellulose, fortement agrégée, injectée de matière grasse et colorante, de substance azotée, de sels calcaires et de silice. On y a trouvé aussi de la subérine, produit d'oxydation soit de la cellulose, soit des matières grasses. Nous avons vu que la proportion de matière qui se trouve à l'état solide dans la betterave varie entre 3 et 5 % du poids de la racine; les substances dissoutes, qui constituent le jus, peuvent atteindre 18 et descendent rarement au dessous de 11 pour cent; la différence est constituée par l'eau.

La composition du jus extrait des cellules est naturellement très-variable: outre le sucre, à côté des substances sécrêtées par l'organisme, telles que la pectine, l'albumine, la caséine, l'asparagine, les acides citrique et oxalique, l'analyse y retrouve des principes minéraux empruntés au sol, la silice, la potasse et la soude, la chaux, la magnésie, le fer, le manganèse, les acides chlorhydrique, sulfurique, nitrique et phosphorique. Plus récemment, on y a signalé la présence d'une certaine proportion de chlorure de rubidium, et enfin une base organique particulière la bétaïne. Bien que les proportions de ces corps varient pour ainsi dire avec chaque racine, nous citerons à titre de renseignement l'analyse que Payen a faite d'une betterave blanche de Silésie.

Eau	83,5
Sucre	10,5
Cellulose, pectose, pectine	0,8
Albumine, caseïne, asparagine et autres matières neutres azotées . . .	1,5
Acides malique et pectique, substance gommeuse, matières grasses, aromatiques et colorantes, huile essentielle, chlorophylle, oxalate et phosphate de chaux, phosphate de magnésie, etc.	3,7
	100,00

Pelouse et Péligot ont montré que la racine fraîche ne contient que du sucre cristallisable; le sucre incristallisable,

quand la betterave n'est pas altérée, ne se rencontre que dans les feuilles et dans le collet. En effet, en appliquant l'analyse au gas des feuilles et des pétioles, on a obtenu les résultats suivants:

	Pétioles.	Feuilles.
Densité du jus	1023	1025
Sucre cristallisable	0,25	-
Sucre incristallisable	3,25	1,45

telles sont les données scientifiques sur la matière première de notre industrie, étudions la maintenant au point de vue pratique et manufacturier.]

Le premier signe auquel le praticien reconnait une bonne betterave est sa forme allongée qui rappelle celle de la poire. Cependant, Leplay prétend que les racines partagées en fourches sont généralement plus riches en sucre (?). Les feuilles sont d'aspect très-divers, et beaucoup de fabricants croient pouvoir apprécier la qualité d'après ce caractère extérieur: l'apparence frisée et dentelée des feuilles serait un indice favorable. J'ai vu effectivement, dans bien des cas, l'expérience confirmer cette appréciation, mais il ne faut pas oublier que la forme des feuilles dépend entièrement de la nature du sol dans lequel la plante s'est développée, que, par suite, ce caractère, variable avec chaque pays, n'offre pas pour un étranger de certitude absolue. La grosseur de la tête ou de la partie verte de la racine qui sort de terre influe également sur la qualité de la betterave au point de vue de la fabrication. Non seulement cette partie contient moins de sucre, mais elle donne un jus impur, c'est-à-dire plus coûteux à travailler pour un rendement plus faible. Il faut ajouter à ces inconvénients que les jus dans la tête de la betterave renferment des sels différents par leur nature de ceux que contient le reste de la racine. Ainsi ils sont proportionnellement plus riches en soude.

En dehors de ces caractères, on estime la betterave aux indices suivants: la peau doit être fine et blanche, les couches concentriques minces et de 6 à 12 millim. au plus (Schacht), la chair ferme et blanche, le goût peu salé ou franchement sucré. Mais, si l'on veut apprécier la richesse d'une racine d'une manière plus exacte, il faut nécessairement étudier sa composition chimique, doser sa richesse saccharine ainsi que la quantité et la nature des matières étrangères qui accompagnent le sucre.

Si le sucre se trouvait dans le jus à l'état de dissolution parfaitement pure, son extraction serait aussi simple que peu coûteuse. Une simple évaporation, qui pourrait se faire dans chaque maison, suffirait pour amener la cristallisation de la matière solide. On n'aurait pas besoin de ces usines compliquées et coûteuses dans lesquelles on dépense et beaucoup d'intelligence et beaucoup de capitaux, précisément pour enlever au jus les corps étrangers, c'est-à-dire toutes les matières solides qui ne sont pas du sucre et qui empêchent cette dernière substance de cristalliser. Or, cette propriété qu'ont les sels de s'opposer à la cristallisation joue un rôle capital: il suffira, pour le prouver, de rappeler qu'une partie de potasse caustique empèche 5 à 9 fois son poids de sucre de cristalliser. Les matières azotées du jus sont encore plus nuisibles: la fermentation visqueuse (souvent aussi alcoolique ou lactique, d'après Hochstetter), qu'elles déterminent, entraîne la transformation du sucre en sucre de fruits incristallisable.

La valeur des betteraves est donc déterminée, dans la pratique, d'une manière générale, 1°, par leur richesse centésimale (ou absolue) en sucre, c'est-à-dire par la quantité de sucre contenue dans 100 parties de jus; 2°, par la richesse relative, c'est-à-dire par la proportion de sucre contenue dans 100 parties des matières solides du jus. Ce dernier nombre est ce que l'on appelle le quotient de richesse saccharine de Balling.

La richesse absolue se détermine par l'essai du jus au polarimètre. Quant à la quantité de matières solides contenue

dans le jus, on l'évalue à l'aide de l'aréomètre de Balling ou de Brix ou saccharimètre, c'est-à-dire en se fondant sur la densité. L'instrument dont on se sert, sans être complètement rigoureux, donne cependant une approximation suffisante.

Pour avoir le quotient de richesse relative, on procède de la manière suivante: supposons qu'un jus marque 15,2 % Balling, c'est-à-dire contienne 15,2 % de matières solides, dans 100 de jus, et qu'on trouve à la polarisation 11,8 % de sucre dans le jus; sur 100 parties de matières solides, il y aura donc $\frac{11,8}{15,2} \times 100$ soit 77 % de sucre, et, par suite, 23 % de matières étrangères. Le chiffre 77 est le quotient de richesse ou de pureté relative. On l'écrit souvent ainsi : 0,77.

Ce nombre, si important pour apprécier la valeur des betteraves, est toujours rapporté à 100 parties de jus, et jamais à 100 parties de betteraves. D'ailleurs, la quantité de jus dans la betterave atteint au plus 95 ou 96 % du poids de la racine, et il est toujours facile de la déterminer directement en épuisant par une quantité d'eau suffisante des tranches minces de racines, et en pesant le résidu après l'avoir préalablement desséché.

L'expérience a d'ailleurs démontré que, pour de bonnes betteraves, les jus doivent avoir un quotient de pureté de 75 % au moins. Ce taux est nécessaire peur que, dans l'état actuel de l'industrie, il y ait avantage à travailler ces matières. Le quotient de pureté varie du reste, dans la pratique, entre 90 et 66, et même au dessous, ainsi que le prouvent les tableaux qu'on trouvera plus loin. Les chiffres de ces tableaux font ressortir clairement l'importance du quotient de pureté dans l'estimation de la valeur des jus. — Par exemple, avec un jus contenant 10 % de sucre et dont le quotient serait 87, la valeur réelle de la betterave serait de 14f, tandis qu'avec un quotient de 70 cette valeur devrait être réduite à 4f, toutes choses égales d'ailleurs. Or, dans le premier cas, le jus marquerait 6°,4 Baumé, dans le second 8°. Il est donc clair que la valeur d'un jus ne doit pas être toujours appréciée d'après ce

qu'il contient de matières solides, d'après son degré aréométrique. J'ai vu des cas où un jus marquant 9° donnait moins de sucre brut qu'un jus à 7°, parce que le premier contenait beaucoup plus de matières étrangères. Dans les sols peu cultivés, en Russie, en Hongrie, de pareils cas se présentent fréquemment.

On peut du reste déterminer le quotient de pureté des jus ou des dissolution sucrés en se servant uniquement du polarimètre. Le jus à essayer est ramené à une densité uniforme de 1,0488 correspondant à 12 % Balling, 6°,66 Baumé. (Lenoir à Vienne, Schmidt à Berlin, construisent des aréomètres très-exacts où ce point d'affleurement est marqué). Cent centimètres cubes de jus ainsi étendu sont traités par 10 cent. cubes d'acétate de plomb et essayés au polarimètre. Le chiffre que donne la lecture est augmenté de 10 % pour tenir compte de la présence du sel de plomb, et il suffit de le doubler pour avoir le quotient de pureté. Une dissolution de sucre pur à la densité de 1,0488 donne en effet au polarimètre de Ventzke 50°, soit, pour une solution de densité double, 100 % de pureté. Or, moins la déviation sera grande, et plus la quantité de sucre contenue dans 100 parties de matières solides sera faible. Ainsi, si une mélasse donne au polarimètre 22° ½, en doublant on trouve comme quotient de pureté 45 % [1]. Cette méthode est particulièrement commode dans les fabriques de sucre, lorsqu'on veut essayer les jus aux différentes phases de leur traitement. On désigne aussi le quotient de pureté ainsi trouvé sous le nom de quotient d'après la méthode de Ventzke.

Les procédés que nous venons d'exposer pour obtenir par l'aréomètre ou le polarimètre la proportion relative de sucre ne sauraient être absolument exacts: les aréomètres de Brix ou de Balling ne donnent que les taux pour cent de sucre dans une dissolution de sucre pur. Comme les sels étrangers ont un poids spécifique plus élevé, l'aréomètre indique toujours

1) Avec le polarimètre de Soleil, il faudrait opérer sur un liquide à la densité de 1,033. (N. des tr.)

dans une dissolution saline un taux plus élevé que le taux réel. — D'après les recherches de Terlach et les miennes, l'aréomètre, plongé dans des dissolutions contenant 1 % de sels ou d'acides, donne les indications suivantes:

1 partie des sels suivants dans 99 d'eau donne	D'après Walkhoff		D'après Terlach	
	à l'aréomètre de Balling ou Brix. %	Comme poids spécifique.	à l'aréomètre Balling. %	Comme poids spécifique.
1 % de carbonate de potasse . .	2,15	1,0086	2,285	1,00914
1 % de potasse caustique . . .	2,20	1,0088	-	-
1 % de potasse caustique neutralisée par l'acide chlorhydrique . .	2,60	1,0104	-	-
1 % de potasse caustique neutralisée par l'acide phosphorique . . .	3,90	1,0156	-	-
1 % d'azotate de potasse . . .	1,55	1,0062	1,602	-
1 % de potasse neutralisée par de l'acide citrique	2,75	1,0110	-	-
1 % de sulfate de potasse . . .	2,00	1,0080	2,050	-
1 % de carbonate de soude du commerce	2,10	1,0084	2,625	1,01050 (pur)
1 % de phosphate de soude . .	1,10	1,0044	-	-
1 % de chlorure de sodium (sel marin)	1,75	1,0070	1,812	1,00725
1 % d'azotate de soude	1,57	1,0063	-	-
1 % de sulfate de soude du commerce	1,00	1,0040	2,277	- (pur)
1 % d'acide phosphorique . . .	1,00	1,0040	-	-
1 % d'acide oxalique	0,96	1,0038	0,98	-
1 % de Magnésie	1,10	1,0044	2,517	-
1 % de salpêtre	1,58	1,00635	1,60	1,00641
1 % de chlorure de calcium . .	-	-	2,131	-
1 % de chlorure de potassium .	-	-	1,625	-
1 % de chlorhydrate d'ammoniaque	-	-	0,787	-
1 % de chlorure de magnésium .	-	-	2,112	-
1 % d'acide acétique	-	-	1,000	-

Pour la plupart des sels, l'aréomètre doit donc, d'après ces chiffres, accuser un taux % de matières solides plus élevé qu'il n'en existe en réalité dans la dissolution. Ainsi, dans notre exemple, pour calculer les substances étrangères, nous

nous sommes bornés à prendre la différence (15,2 — 11,8) ou 3,4 des nombres donnés par les essais. Nous aurions dû réduire ce chiffre en tenant compte de l'influence des divers sels pour opérer exactement, et obtenir la quantité réelle des substances étrangères contenues dans le jus.

Dans la seconde édition de cet ouvrage, j'avais admis que, en moyenne, 1°,6 de l'aréomètre de Balling correspondait à 1 % de sels dans une dissolution. Mais, outre les sels, les jus contiennent des matières azotées, et, en me fondant sur des expériences directes faites en 1858, j'ai proposé comme coefficient de réduction le rapport de 1°,25 à 1° (Voyages en Bohême); Bádal a trouvé un nombre semblable. Il serait d'ailleurs impossible de donner un coefficient de réduction exact pour tous les cas, par suite de la grande variété des substances étrangères que peuvent renfermer les jus. Le seul moyen de connaître exactement cette teneur effective d'un jus ou la quantité de matière sèche qu'il renferme, consiste à dessécher un poids connu du jus que l'on veut essayer.

Si l'on suppose que cette dessiccation ne soit accompagnée d'aucun phénomène de décomposition, on trouvera un chiffre plus exact qu'avec l'aréomètre, 14,75 par exemple, dans le cas cité plus haut, au lieu de 15,2. Le quotient de pureté exact du jus serait donc $\frac{11,8 \times 100}{14,75}$ ce qui donne 80 parties de sucre dans 100 de substances solides, tandis que nous avions pris comme coefficient apparent de pureté 77 %. Bien que ces quotients apparents soient seulement approchés, ce sont ceux dont on se sert toujours dans la pratique, et ce seront les seuls que nous ferons intervenir par la suite dans tous nos calculs.

Mais, en supposant même que nous ayons exactement déterminé la proportion totale des matières étrangères, nous devons nous demander, pour combien y figurent les substances azotées, les sels, et quelle est la composition de ces derniers? Le rapport approché entre les substances azotées et les matières minérales se trouve facilement par les méthodes que nous don-

nerons plus loin. Quant à la détermination qualitative exacte des sels, il faudra toujours recourir à une analyse chimique complète. Or, dans la pratique, cette nature des sels de la betterave est essentielle à connaître, puisque, suivant leur composition, ils peuvent être absorbés par le noir animal en quantités très-variables, ainsi que je l'ai démontré en 1861. Quelques uns d'eux ne sont nullement absorbés: pour d'autres, la quantité retenue par le noir peut s'élever jusqu'à 30 %. Les premiers sont donc plus nuisibles que les autres pour la fabrication, et il y a un intérêt tout spécial à les éviter. Il en résulte que, pour apprécier la valeur des betteraves, il ne suffit pas de connaître la quantité de sels que renferme leur jus, il importe d'être fixé sur la nature même de ces sels. On se trouve là dans les mêmes conditions que pour les engrais, dont la valeur ne dépend pas seulement de la quantité de sels qu'ils apportent à la plante, mais encore, de la nature de ces sels, de leur facilité plus ou moins grande d'assimilation: c'est ainsi par exemple que Bretschneider fait remarquer[1] "qu'au point de vue de la teneur en cendres, l'engrais qui donne à la betterave le plus de sels est le fumier d'étable (phosphate de chaux), tandis que le salpêtre donne les betteraves les moins riches en matières minérales. Et cependant, ajoute l'auteur, le salpêtre est toujours ce que redoutent le plus les fabricants de sucre, comme si son influence rendait les betteraves plus difficiles à travailler. Que l'on compare la quantité des autres sels qui peuvent remplacer le salpêtre, et l'on verra que les griefs des fabricants contre les betteraves fumées avec du salpêtre sont sans fondement."

Bretschneider parle ici comme cultivateur, et, à ce point de vue spécial, ses idées sont exactes, mais le fabricant de sucre ne saurait les partager. En effet, Bretschneider trouve que les betteraves chargées de salpêtre ne contiennent que 0,726 % de sels, que celles produites avec du fumier en contiennent 0,782. Mais, dans le premier cas, cette quantité de 0,726

1) Journal de l'assoc. des fabric. allem. T. XI. p. 576.

est presque exclusivement du salpêtre que, ni la défécation, ni la filtration ne sauraient enlever aux jus, ce qui rend les betteraves difficiles à travailler. Dans le second cas, au contraire, sur les 0,782 % que donne une fumure au phosphate de chaux, 30 % environ sont éliminés, soit par la chaux, soit surtout par la filtration. Il ne reste donc dans le jus, comme matières nuisibles, que $\frac{70}{100} \times 0{,}782$ soit 0,547 % c'est-à-dire beaucoup moins que de salpêtre, et le fabricant a raison de dire que ces jus se travaillent bien.

Des plus, ces 0,7 % pourraient avoir une action nuisible plus ou moins marquée suivant que la potasse ou la soude y prédomineraient. On admet que la potasse empêche la cristallisation de 4 fois son poids de sucre, la soude de 11 fois. — Supposons donc que, sur les 0,7 de cendres, il y ait 0,4 de potasse et 0,1 de soude, nous trouverons par la quantité de sucre retenu et par suite sans valeur:

$$\begin{array}{rrcr} & 0{,}4 \times 4 & = & 1{,}6 \\ + & 0{,}1 \times 11 & = & 1{,}1 \\ \hline & \text{Total} & & 2{,}7 \text{ de sucre.} \end{array}$$

Si, au contraire, les cendres renfermaient 0,2 % de potasse, et 0,3 de soude, on aurait:

$$\begin{array}{rrcr} & 0{,}2 \times 4 & = & 0{,}8 \\ + & 0{,}3 \times 11 & = & 3{,}3 \\ \hline & \text{Total} & & 4{,}1 \text{ de sucre inutilisable.} \end{array}$$

Et bien souvent, on trouve une proportion de soude encore plus forte dans les betteraves fumées avec du nitrate de soude!

De pareils résultats, même simplement approximatifs, doivent prouver au cultivateur qu'il ne peut employer dans les engrais que des substances sans action nuisible sur la cristallisation du sucre. Il doit se rendre compte par des expériences fréquentes, de l'effet des divers sels, et choisir les uns ou les autres suivant la valeur des betteraves qu'ils produisent.

Grouven, dans ses études sur les engrais,[1] n'a égard qu'à la quantité de sels ou plutôt à la proportion de cendres, lorsqu'il dit: "parmi les fabricants qui prononcent si volontiers sur la qualité des betteraves, quel est celui qui détermine jamais, ou même qui serait capable de déterminer, la quantité de sels que renferme un jus, aussi exactement qu'il le faudrait pour porter un jugement éclairé?" Mais ce n'est pas seulement la quantité de sels qui importe, c'est aussi la proportion qui peut en être éliminée. C'est un point que ne devrait jamais perdre de vue le chimiste agriculteur qui s'occupe de betteraves. Tant que la science n'aura pas fourni de données précises à cet égard, il faut bien ajouter quelque croyance à l'expérience des fabricants, lorsqu'ils disent, par exemple, que les betteraves renfermant des azotates se travaillent difficilement.

Examinons maintenant d'une manière spéciale la composition des betteraves: elle est très-variable suivant la nature de la semence, du sol, de la culture, de l'assolement, suivant les influences climatériques. Aussi, certains jus pourraient-ils donner directement par l'évaporation du sucre blanc, tandis que d'autres justifient complètement le dicton: une mauvaise betterave est toujours trop chère.

Le sucre est l'élément principal dans les jus de betteraves: il varie de 9 à 18 %,[2] et on le détermine facilement par la polarisation et par les autres méthodes qui feront l'objet d'un chapitre spécial. Aucun fabricant intelligent ne saurait aujourd'hui se dispenser de cette analyse essentielle. Les jus renferment en outre des sels alcalins (potasse et soude), des bases terreuses, (chaux et magnésie), des oxydes métalliques et des acides fixes. On détermine la proportion de ces matières minérales, en incinérant d'une manière complète dans une capsule de platine le résidu de l'évaporation de 1000 grammes de jus Dans ce traitement, on doit éviter que la température ne

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. 87e livr. p. 64.

2) Ces chiffres sont trop élevés pour la France où la proportion de sucre descend souvent à 7% et ne dépasse jamais 12 ou 13. (N. du tr.)

s'élève trop rapidement jusqu'au point de fusion. Pour activer le courant d'air sur la capsule, Frésénius recommande de la surmonter d'un verre de lampe ordinaire. Balling s'est servi avec avantage d'un courant d'air forcé par une faible pression d'eau. On peut aussi activer l'incinération, en arrosant à diverses reprises avec de l'eau distillée le charbon ou le résidu à moitié transformé en cendres. Toutefois, il faut, dans ce cas, opérer avec attention, pour éviter les projections de matière hors de la capsule. Le taux des cendres qu'on retire ainsi des jus varie de 0,5 à 1,2%. Ce chiffre ne fournit d'ailleurs qu'une mesure approchée de la quantité de sels que contient en réalité le jus des betteraves. Les bases sont en effet combinées dans le jus, en partie avec des acides minéraux, en partie avec des acides organiques. Or, ces derniers se décomposent par la calcination et donnent de l'acide carbonique, qui se combine en majeure partie avec les bases.

Les acides organiques de la plante ont, comme on sait, un équivalent plus grand que l'acide carbonique; d'autre part, une partie des bases restant libre après l'incinération, donne un poids moindre que les sels dont elles proviennent. Le poids des sels dans le jus est donc forcément plus grand que celui des cendres qu'on obtient. Toutefois, comme ces deux poids restent toujours sensiblement dans un rapport constant, il est possible de déduire, de la quantité de cendres trouvée, la proportion de sels qui préexistaient dans le jus.

Il serait cependant difficile de déterminer exactement le rapport entre le poids des cendres et celui des sels. Otto admet, d'après certaines considérations, que 100 parties de citrate neutre de potasse dans le jus donnent environ 50 de carbonate de potasse dans les cendres, que 100 parties d'oxalate de potasse donnent 83 parties de carbonate.

On a également proposé de dessécher le jus, de le réduire en cendres, puis de reprendre le résidu par l'eau distillée, enfin d'incinérer les substances ainsi séparées. On obtiendrait de la sorte des résultats plus sûrs et plus exacts. Une autre méthode consiste à reprendre la dissolution obtenue en lavant

les cendres, dissolution qui renferme tous les sels, à la ramener au volume primitif du jus, et à faire un essai à l'aréomètre de Balling ou de Brix.[1] On connait ainsi directement, pour chaque cas, le nombre des degrés aréométriques correspondant aux sels. La différence représente les matières azotées et extractives, ainsi que la partie des acides organiques qui s'est transformée en carbonates pendant l'incinération. Supposons par exemple qu'un jus ait donné à l'aréomètre 15,2 % Balling;

qu'on y ait trouvé comme sucre	11,8 - -
Il reste comme différence représentant les corps étrangers d'origine minérale ou organique	3,4 - -
Si l'on a trouvé pour la proportion de sels, d'après la méthode exposée ci-dessus, dans la liqueur renfermant les principes solubles de la cendre	2,2 - -
Il reste pour représenter les matières azotées et extractives, (en supposant que les acides organiques n'aient pas disparu) . . .	1,2 - -

Cette méthode serait très-simple si l'incinération des jus pouvait se faire sans que les sels à acides organiques fussent détruits, mais, ainsi que nous l'avons dit plus haut, ces sels sont en partie transformés en carbonates, et dès-lors les indications de l'aréomètre sont trop faibles. On n'obtiendrait de résultats sensiblement exacts qu'à la condition d'éviter une température trop élevée, et d'épuiser complètement le résidu salin par l'eau distillée.

Les cendres de jus de betteraves contiennent de 70 à 80% de matières solubles dans l'eau; ces matières représentent les alcalis combinés avec divers acides ou à l'état de liberté. Le résidu insoluble est composé de carbonates et phosphates de chaux, de magnésie, d'oxyde de fer, etc. (Hochstetter).

---

1) Voir à ce sujet le chapitre sur l'halomètre, à la fin du 2e volume. (N. du tr.)

Balling a comparé la teneur en cendres à la quantité de sucre du jus; il désigne ce rapport sous le nom de quotient des matières salines. Dans de bonnes betteraves, on trouve 3 parties de cendres sur 100 de sucre. Lorsque la proportion des cendres s'élève à 10 %, les betteraves sont mauvaises à travailler.

Matières azotées albumineuses. — Les matières azotées paraissent entrer dans la composition des betteraves en proportions très-variables. Michaëlis estime cette proportion à 4 ou 5 millièmes du poids du jus, tandis que Péligot, Hochstetter, Payen et d'autres, trouvent plus de 1 % de ces substances.

Hochstetter classe ainsi que suit les matières azotées du jus de betteraves:

a) Albumine végétale qui se coagule vers 72°, mais peut se redissoudre en présence des alcalis à l'état de liberté.

b) Une combinaison azotée qui absorbe l'oxygène de l'air et se présente alors sous forme de matière noire. L'addition d'un sel de chaux, de chlorure de calcium, par exemple, précipite cette substance et la sépare du jus.

c) Une matière azotée gélatineuse, séparable par l'eau de chaux.

d) Une matière azotée précipitable par l'acétate de plomb.

e) Des substances qui sont précipitées par l'azotate de mercure.

Ces matières jouent un rôle très-important dans la fabrication: par leur facilité extrême de décomposition, elles sont autant de causes d'une fermentation putride, qui intervertit le sucre, et diminue le rendement, en même temps qu'elle abaisse la qualité du produit. Il serait donc à désirer que, dans la pratique, on pût déterminer facilement et vite la proportion de ces substances nuisibles, et employer les moyens propres à paralyser leur action. Un pareil procédé manquait jusqu'ici, et je crois utile d'exposer comment on peut arriver à cette détermination pratique.

On sait que les matières azotées donnent, avec le tannin, des combinaisons insolubles. On peut donc séparer ces matières dans le jus et les doser à l'aide de liqueurs titrées renfermant de l'acide tannique (solution de tannin ou de cachou, extrait de noix de galle). C'est sur cette séparation qu'est fondée notre méthode de dosage.

On n'a besoin pour l'analyse que d'une solution de 1 gramme de tannin pur dans 1000 grammes d'eau. On pourrait aussi employer une liqueur titrée au 100°, c'est-à-dire contenant 10 grammes de tannin pour 1000 grammes d'eau, mais une dissolution plus étendue est préférable parce qu'elle détermine plus facilement et plus vite la séparation du précipité. On mélange 10 cent. cubes de jus avec 100 c. c. d'eau et 10 de solution d'alun, et on chauffe dans une capsule de porcelaine sur la lampe à alcool. On ajoute alors peu à peu la liqueur titrée au 1000°, en agitant à chaque fois la capsule pour déterminer la séparation complète du précipité. Le tannin trouble très-vite la liqueur, et, par suite de la présence de l'alun, il se forme un précipité floconneux qui se sépare presque immédiatement. Tant qu'il reste dans le jus des substances azotées, le tannin continue à les précipiter sous forme de combinaisons insolubles. Lorsque toutes les matières sont séparées, l'addition nouvelle de tannin serait sans objet; il importe donc de saisir exactement le point où la réaction est complète. Or, ce moment est facile à trouver, grâce à la propriété qu'a le tannin de donner avec les sels de fer une teinte bleu-foncé. Il suffira donc de prendre de temps en temps, avec la pointe effilée d'une pipette, une goutte de la liqueur et de la mettre en contact avec un peu de chlorure de fer. S'il ne se produit aucune coloration, on doit continuer à verser du tannin; si au contraire on observe un changement de teinte, c'est un signe que le tannin est déjà en excès et que la totalité des matières azotées est précipitée.

La liqueur qui sert à cet essai par le chlorure de fer ne doit contenir aucune parcelle du précipité floconneux qui retient du tannin; aussi il convient, pour plus de sûreté, dès qu'il se

manifeste une coloration, de filtrer un peu de la liqueur essayée et de l'éprouver de nouveau avec le sel de fer pour constater que la nuance est bien due au tannin en dissolution dans la liqueur, et non à celui du précipité. La manipulation est très-simple et très-rapide. Le calcul est tout aussi vite fait: supposons que pour 10$^{cc.}$ de jus il ait fallu 670$^{cc.}$ de la liqueur titrée. Mille grammes de cette liqueur titrée renferment 1 gramme de tannin: donc, il a fallu, pour précipiter les matières azotées contenues dans les 100$^{cc.}$ de jus, 6$^{gr.}$,7 de tannin. Comme 6 parties de tannin sec précipitent une partie d'albumine desséchée, il en résulte qu'il y a $\frac{6,7}{6} = 1,11$ parties d'albumine dans le jus, ou une quantité de corps azotés équivalente à cette proportion d'albumine.

Quand même la dissolution de tannin ne précipiterait pas toutes les combinaisons azotées, on peut néanmoins admettre que la quantité d'azote du jus est proportionnelle au poids de tannin employé pour la précipitation, et que, par suite, un jus est d'autant plus mauvais à travailler qu'il exige une plus forte dose de tannin.

Nous traiterons du reste plus au long, dans un des chapitres qui suivent, des méthodes pour déterminer les matières organiques du jus.

Les pages qui précèdent donnent un aperçu rapide des principaux groupes de corps différents qui peuvent exister dans les jus; néanmoins, les propriétés spéciales afférentes à chacun de ces corps sont encore indécises, et il n'y a d'autre moyen, pour apprécier d'une manière complète et rationnelle la valeur d'une betterave au point de vue de la fabrication, que de procéder à une analyse exacte et détaillée. Mais cette opération est beaucoup trop délicate dans la pratique, et nous ne saurions la recommander. On doit se borner à des recherches plus simples, qui, combinées avec les chiffres que donne l'expérience pratique, fournissent rapidement une indication approchée du rendement industriel.

Autrefois, on admettait que le rendement en sucre était proportionnel à la quantité de cette matière que renfermait la betterave. C'est sur cette hypothèse que Schatten a établi ses formules bien connues de beaucoup de nos lecteurs. Un grand nombre de fabricants partageaient d'ailleurs cette manière de voir, parce que, les expériences de chacun d'eux se faisant dans des conditions locales toujours les mêmes, chacun arrivait pour sa part à une théorie analogue. Cette base, qui paraissait à première vue rationnelle, suffisait aussi pour certains districts où la betterave était de bonne qualité, et où les variations, d'ailleurs legères, de cette qualité, n'étaient dues qu'à l'influence des diverses années. Mais la comparaison des résultats obtenus dans des pays différents ne tarda pas à démontrer que, même avec des méthodes de travail complètement identiques, les conclusions de la théorie précédente ne s'appliquaient plus; que dans l'évaluation préalable du rendement, il fallait introduire d'autres facteurs, susceptibles d'exercer, en dehors même du procédé de fabrication, une très-notable influence. La différence ne portait pas d'ailleurs tant sur la quantité de masse cuite obtenue que sur la proportion du sirop et du sucre cristallisable dans cette masse. Ainsi, on constatait que, pour des betteraves de même richesse saccharine, le rapport entre le poids de ces deux matières de valeur si différente était souvent très-variable. Ces faits m'amenèrent à penser que pour apprécier le rendement, il fallait faire entrer chaque fois en ligne de compte la proportion de matières étrangères salines ou azotées que renferment les jus, et que la quantité de mélasse formée dans chaque cas devait être sensiblement proportionnelle au poids de ces substances étrangères. D'ailleurs, et indépendamment de ce premier fait, la nature même de ces substances étrangères peut déterminer des rendements très-différents en mélasse; c'est un point complètement établi par la pratique, sans que cette relation ait fait jusqu'ici l'objet de recherches scientifiques exactes.

J'étais donc amené, pour déterminer le rendement en sucre de 100 de betteraves, à chercher d'abord la quantité de masse

cuite qu'elles pouvaient donner (voir plus loin), puis la proportion de mélasse qui devrait nécessairement se former d'après la teneur du jus en matières étrangères, causes de la production du sirop. Auparavant, le rendement en mélasse était regardé comme proportionnel à la richesse saccharine du jus (les tables de Schatten en font foi), tandis que je le déterminai directement et indépendamment de la quantité de sucre d'après la proportion des principes qui donnent naissance à la mélasse. Mes premiers calculs ont été publiés en 1858[1], et ont été reproduits plus tard dans d'autres ouvrages sans indication d'origine. Je rappellerai rapidement ici les résultats auxquels je suis arrivé.

La quantité apparante de substances étrangères dans un jus est donnée, comme nous l'avons remarqué plus haut, par la différence entre les indications de l'aréomètre et la teneur réelle en sucre. A l'aide de cette différence, et en appliquant un coefficient de réduction déterminé par les circonstances locales, $\frac{1,25}{1}$ par exemple, on peut calculer le poids exact des matières salines étrangères; soit donc: 15,2% Balling l'indication aréométrique. — A retrancher . 11,8 - - proportion de sucre. — Il reste . . . . 3,4% comme différence (voir page 155). Ces 3,4% correspondent, d'après le rapport $^1/_{1,25}$, à 2,72% de matières étrangères dans le jus.

Otto recommande, pour ramener la différence aréométrique au poids réel des matières étrangères, de multiplier le premier chiffre par 0,8. Il est facile de voir que les deux méthodes de calcul sont identiques, puisque diviser par 1,25 ou 10/8 comme il a été fait ci-dessus, revient à multiplier par 0,8 comme l'indique Otto.

Ce coefficient de réduction peut être très-variable pour des betteraves de provenance différente (voir page 150), et il faudrait un grand nombre d'analyses quantitatives de tous les

---

1) Journal de l'association des fabric. allem. T. 7, et Voyages en Bohême, Prague 1858.

éléments du jus pour déterminer, dans tous les cas, le rapport entre le poids des substances étrangères et le sucre, comme entre les sels et les matières azotées. Ce dernier rapport, notamment, doit être extrêmement variable. Il a d'ailleurs une importance capitale, et, pour s'en convaincre, il suffit de songer qu'un même poids de sels ou de matières azotées peut donner naissance à des quantités de mélasse toutes différentes.

Bien que les tables qui suivent ne tiennent pas compte de cette influence du rapport des sels aux matières azotées, elles indiquent approximativement, en regard des quantités totales de matières étrangères dans un jus, leur influence sur le rendement:

Sur 100 de jus, une différence aréométrique, prise comme mesure des substances étrangères, de	Devient, rapportée à 100 des betteraves.	Et avec le coefficient de 1,25 pour 100 de betteraves.
1,5	1,44	1,152
2	1,92	1,536
2,5	2,40	1,920
3	2,88	2,300
3,5	3,36	2,688
4	3,84	3,072
4,5	4,32	3,466

De pareilles différences se rencontrent en réalité dans la pratique, et il est intéressant de les signaler au cultivateur: dans certains endroits, les betteraves ne contiennent donc qu'une proportion insignifiante de sels ou de matières azotées, tandis que dans d'autres, on en trouve le double et le triple. Il est facile d'en conclure quelle est la faible quantité de ces matières réellement essentielle à la plante.

Mais l'importance des nombres que nous venons de citer ressortira encore mieux dans la table suivante, où l'on a évalué approximativement l'influence de la teneur en matières étrangères sur le rendement en sucre.

Pour un rendement en jus de 88 % et à richesse saccharine égale.				
Si la différence aréométrique correspondant aux matières étrangères est de	Le taux % réel de matières étrangères est		La proportion de sucre perdu ou non séparable est de	La quantité de mélasse produite est de
	dans le jus de	dans la masse cuite de		
1,5	1,013	0,608	0,536 %	1,1 %
2	1,350	0,810	0,820 -	1,7 -
2,5	1,689	1,014	1,105 -	2,2 -
3	2,027	1,216	1,389 -	2,8 -
3,5	2,265	1,419	1,672 -	3,4 -
4	2,703	1,621	1,955 -	4 -
4,5	3,048	1,820	2,246 -	4,6 -

L'examen de ces nombres prouve surabondamment combien il importe au producteur de chercher à obtenir une betterave pauvre en sels, puisqu'il recueille ainsi, et plus de sucre, et moins de mélasse, et qu'en même temps le traitement est plus simple et moins coûteux. La dépense pour le noir et le clairçage sont en effet notablement moindres avec des betteraves peu chargées de sels qu'avec les autres.

En fait, beaucoup de fabriques n'ont acquis leur réputation que grâce à la qualité des betteraves qu'elles mettent en œuvre, et le même outillage, la même direction, pourraient donner des résultats tout autres avec une matière première de moindre qualité.

En réfléchissant que des quantités aussi différentes de matières étrangères peuvent se trouver dans 100 parties de jus pour la même richesse saccharine, on s'explique sans peine comment des jus contenant la même proportion de sucre peuvent donner comme rendement commercial des proportions de sucre très-variables: cette inégalité subsistera d'ailleurs tant que les progrès de l'industrie n'auront pas permis de séparer entièrement des jus les matières étrangères, sans perte sensible en sucre cristallisable. Il en résulte que, dans l'état actuel de la

fabrication, ces quantités de matières étrangères peuvent servir à apprécier la valeur en argent d'un jus. C'est ce qui a été fait dans les tables suivantes qui indiquent, en regard du rendement en masse cuite, l'influence des matières sur les rendements partiels en sucre et en sirop.

Ces tables peuvent également servir à donner la valeur réelle des betteraves de différentes qualités, et elles permettent au cultivateur de comparer, au point de vue des rendements, les diverses méthodes de travail de la terre ou les différentes sortes d'engrais. En rapprochant les effets de leur cause, le producteur trouve ainsi, lorsqu'il est dans de bonnes conditions de culture, le moyen d'obtenir plus de betteraves, plus de sucre, et en même temps moins de sels. Or, ce sont là les conditions pour avoir le bénéfice ou rendement net maximum, car le fabricant ne peut payer la betterave que d'après sa valeur réelle.

Enfin, les tables qui suivent constituent le seul guide qui permette d'apprécier exactement la valeur d'une betterave pour la fabrication.

Valeur des betteraves.

(Voir la table suivante.)

On a admis dans ce qui suit que 100^k de sucre se vendent 60^f, et 100^k de mélasse 15^f, et que les frais et bénéfices de toute nature s'élèvent à 20^f par 1000^k de betteraves.[1]

---

1) Il sera facile, dans chaque cas particulier, de substituer à ces chiffres les valeurs applicables aux conditions où se trouve chaque fabrique, mais ces changements, si considérables qu'ils puissent être n'infirment en rien les conclusions générales tirées des tableaux ci-après. (N. du tr.)

Rendement de 100k de betteraves de diverses qualités, pour une production de 80 % de jus contenant 9 % de sucre au polarimètre.

Densité du jus.		Nombre de degrés Balling correspondant aux substances étrangères.	Quotient de pureté du jus.	Masse cuite				Sucre brut à 94 %		Mélasse.	Valeur de la betterave déduite des rendements précédents par 1000 Kilog.
				Taux %							
Degrés Baumé.	Degrés centésimaux Balling.			Sucre.	Corps étrangers.	Eau.	Total.	par 100 Kilog. de betteraves.	par 100 Kilog. de masse cuite.	%	
5,8	10,5	1,5	85,7	6,48	0,553	0,703	7,436	6,18	80	1	18f, 58c
6,1	11	2	81,1	6,48	0,737	0,721	7,938	5,81	73	1,5	17, 11
6,35	11,5	2,5	78,2	6,48	0,922	0,740	8,142	5,64	70	2	16, 84
6,6	12	3	75	6,48	1,106	0,758	8,344	5,37	64	2,5	15, 97
6,9	12.5	3,5	72	6,48	1,290	0,777	8,547	5,13	60	3	15, 28
7,2	13	4	69,6	6,48	1,424	0,795	8,799	4,89	56,5	3,6	14, 74
7,5	13,5	4,5	66,6	6,48	1,663	0,814	8,957	4,55	50	4,2	13, 60

Rendement de 100^k de betteraves de diverses qualités, pour une production de 80 % de jus contenant 10 % de sucre au polarimètre.

Densité du jus.		Nombre de degrés Balling correspondant aux substances étrangères.	Quotient de pureté du jus.	Masse cuite				Sucre brut à 94 %		Mélasse.	Valeur de la betterave déduite des rendements précédents par 1000 Kilog.
				Taux %							
Degrés Baumé.	Degrés Balling.			Sucre.	Corps étrangers.	Eau.	Total.	par 100 Kilog. de betteraves.	par 100 Kilog. de masse cuite.	%	
6,4	11,5	1,5	87	7,2	0,553	0,775	8,528	6,87	80	1	22,f 72c
6,6	12	2	83,3	7,2	0,737	0,793	8,730	6,6	75,6	1,53	21, 89
6,9	12,5	2,5	80	7,2	0,922	0,812	8,934	6,4	72	2,06	21, 49
7,2	13	3	77	7,2	1,166	0,836	9,202	6,2	66	2,5	20, 95
7,45	13,5	3,5	73,3	7,2	1,290	0,849	9,339	6	64	3,1	20, 65
7,7	14	4	71,4	7,2	1.474	0,867	9,5	5,6	59,8	3,6	19
8	14,5	4,5	70	7,2	1,663	0,886	9,74	5,4	55	4,2	18, 70

Rendement de 100k de betteraves de diverses qualités, pour une production de 80 % de jus contenant 11 % de sucre au polarimètre.

Densité du jus.		Nombre de degrés Balling correspondant aux substances étrangères.	Quotient de pureté du jus.	Masse cuite				Sucre brut à 94 %		Mélasse.	Valeur de la betterave déduite des rendements précédents par 1000 Kilog.
				Taux %							
Degrés Baumé.	Degrés Balling.			Sucre.	Corps étrangers.	Eau.	Total.	par 100 Kilog. de betteraves.	par 100 Kilog. de masse cuite.	%	
6,9	12,5	1,5	88	7,92	0,553	0,847	9,3	7,66	82,3	1	27,f 46c
7,2	13	2	84,5	7,92	0,737	0,865	9,5	7,38	77,7	1,5	26, 53
7,45	13,5	2,5	81,5	7,92	0,922	0,884	9,7	7,12	74	2	25, 72
7,7	14	3	78	7,92	1,106	0,902	9,9	6,85	69	2,5	24, 85
8	14,5	3,5	76	7,92	1,290	0,920	10,13	6,58	65	3	23, 98
8,3	15	4	73,3	7,92	1,474	0,939	10,33	6,32	61	3,6	23, 32
8,5	15,5	4,5	71,6	7,92	1,663	0,958	11,53	6,05	57	4,2	22, 60

Rendement de 100k de betteraves de diverses qualités, pour une production de 80 % de jus contenant 12 % de sucre au polarimètre.

Densité du jus.		Nombre de degrés Balling correspondant aux substances étrangères.	Quotient de pureté du jus.	Masse cuite				Sucre brut à 94 %		Mélasse.	Valeur de la betterave déduite des rendements précédents par 1000 Kilog.
				Taux %							
Degrés Baumé.	Degrés Balling.			Sucre.	Corps étrangers.	Eau.	Total.	par 100 Kilog. de betteraves.	par 100 Kilog. de masse cuite.	%	
7,45	13,5	1,5	89	8,64	0,553	0,919	10,1	8,396	83	1	31,f 87 c
7,7	14	2	85	8,64	0,737	0,937	10,3	8,231	79,8	1,5	31, 03
8	14,5	2,5	82,8	8,64	0,922	0,956	10,5	7,86	74,8	2	30, 16
8,3	15	3	80	8,64	1,106	0,974	10,7	7,59	70	2,5	29, 29
8,5	15,5	3,5	77,8	8,64	1,290	0,980	10,9	7,33	67,2	3	28, 48
8,8	16	4	75	8,64	1,474	1,010	11,1	7,08	63	3,6	27, 88
9	16,5	4,5	72,1	8,64	1,663	1,030	11,3	6,78	60	4,2	26, 98

Rendement de 100k de betteraves de diverses qualités, pour une production de 80 % de jus contenant 13 % de sucre au polarimètre.

Densité du jus.		Nombre de degrés Balling correspondant aux substances étrangères.	Quotient de pureté du jus.	Masse cuite				Sucre brut à 94 %		Mélasse.	Valeur de la betterave déduite des rendements précédents par 1000 Kilog.
				Taux %							
Degrés Baumé.	Degrés centésimaux Balling.			Sucre.	Corps étrangers.	Eau.	Total.	par 100 Kilog. de betteraves.	par 100 Kilog. de masse cuite.	%	
8	14,5	1,5	89,6	9,36	0,553	0,991	10,8	9,14	83,8	1	36f, 34c
8,3	15	2	87	9,36	0,757	1,009	11	8,87	79	1,5	35, 47
8,6	15,5	2,5	84	9,36	0,922	1,028	11,3	8,58	75,9	2	34, 48
8,87	16	3	81	9,36	1,100	1,046	11,5	8,34	72,5	2,5	33, 79
9	16,5	3,5	78,18	9,36	1,290	1,065	11,7	8,17	69,9	3	33, 52
9,4	17	4	76,4	9,36	1,474	1,083	11,9	7,71	65	3,5	31, 51
9,6	17,5	4,5	74	9,36	1,663	1,102	12,1	7,50	62,4	4,2	31, 30

Chapitre VI.

Moyens préservatifs contre les insectes.

Les betteraves, pendant la première période de leur développement surtout, sont très-exposées aux ravages des insectes qu'attire le goût sucré et agréable de la jeune plante. Le nombre des insectes qui s'attaquent ainsi à la betterave est trop grand pour que nous puissions les énumérer et les décrire dans leurs différentes transformations; nous nous bornerons simplement à indiquer les moyens de protection employés pour combattre ces ravages.

Ces moyens consistent:

1°, dans la destruction des insectes en les ramassant ou leur faisant la chasse; cette méthode est surtout avantageuse pour les noctuelles si nombreuses dans certaines contrées. Tantôt, des enfants passent entre les lignes de plants sur toute la surface du champ, et enferment toutes les noctuelles qu'ils trouvent dans des sacs faits exprès, à petite ouverture, d'où ces insectes ne peuvent sortir; tantôt, on ménage un petit fossé, à parois à pic tout autour du champ, et où les noctuelles s'amassent: ces insectes en effet ne volent pas d'une manière continue, mais, lorsque le vent leur apporte l'odeur d'une plantation de betteraves, ils se dirigent en troupes vers elle en marchant sur le sol; ils tombent ainsi dans les fossés qu'on a préparés et où on les recueille facilement, surtout si on y a fait au fond de distance en distance quelques trous.

On peut ainsi détruire de très-grandes quantités de ces insectes, et prévenir leurs ravages.

Le Comte A. Bobrinsky a fait construire en outre une machine à prendre les papillons, qui se compose d'un filet métallique, monté en équilibre sur deux roues et facile à promener sur le champ. Les papillons se prennent dans le filet et

se rassemblent à la partie supérieure où on les détruit en allumant un feu de paille.

Ed. Kutzer à Durnkrut a également proposé une machine où les insectes viennent se prendre dans de la glu, et d'où on les ratisse pour les détruire.

Les vers blancs ou larves du hanneton font beaucoup de mal aux betteraves en rongeant la pointe des racines. On les fait ramasser et détruire par des enfants qui suivent les charrues et recueillent les vers dans le sillon. Dans les pays où ces larves sont communes, on a soin de donner au champ un retournement à la charrue vers le printemps, de manière à mettre à découvert et à détruire ces ennemis nuisibles de la betterave.

Les larves du hanneton ont une couleur blanche, mais elles deviennent noires et meurent lorsqu'elles sont exposées au soleil. Elles passent dans le sol d'une betterave à l'autre et rongent les racines dont les feuilles jaunissent alors et se fanent. Si les ravages de ces insectes sont bornés à une partie du champ sans qu'ils aient touché au reste, on empêche le mal de se développer en creusant, autour de la place attaquée, un fossé de $0^{m}60$ environ, que l'on remplit de feuilles. — C'est un obstacle que les vers ne sauraient franchir.

[Parmi les plus grands ennemis de la betterave, il faut compter les Nématodes (heterodera Schachtii). Ces insectes se développent surtout dans les terrains humides et acides; ils naissent de Juin en Novembre, et se multiplient avec une incroyable fécondité même dans l'intervalle des emblavements. Pour les détruire il faut éviter de faire revenir la betterave trop souvent sur le même champ. Comme les Nématodes séjournent dans la couche supérieure du terrain, on peut aussi les détruire en les enterrant profondément, résultat que l'on obtient en donnant deux coups de charrue l'un derrière l'autre.]

Le moyen le plus efficace pour détruire les insectes consiste donc dans le travail de l'homme, mais celui-ci a pour auxiliaires un grand nombre d'animaux qui font également la

chasse aux insectes, et dont l'attention est toujours en éveil; dans ce cas se trouvent beaucoup d'oiseaux, les taupes, etc.

On a en outre recommandé l'emploi de la fleur de soufre dont on imprêgne les semences et la plante. On peut également, avec des brosses à long poil, débarrasser les feuilles des insectes qui s'y attachent et qu'il est ensuite facile de détruire en répandant un lait de chaux entre les lignes de plants.

On peut enfin, en se servant le matin de lanternes dont les glaces sont enduites d'huile, prendre les teignes qui accourent vers la lumière et restent collées aux verres. On prétend avoir pris ainsi en deux heures et avec 200 lampes 53,660 teignes.

2°. Une autre méthode pour protéger les betteraves contre les ravages des insectes, consiste à semer, entre les lignes de betteraves, une autre plante d'une croissance plus rapide ou préférée par les insectes. Ceux-ci, trouvant dans cette végétation parasite une nourriture abondante et qui leur plait, délaissent la betterave et lui donnent le temps de se développer. On emploie notamment dans ce but la moutarde, l'arroche (pour la larve du Cassida nebulosa), ou des plantes analogues. On a reproché à cette méthode de ne servir qu'à engraisser les insectes que l'on combat et à les fortifier, mais il me parait cependant très-avantageux d'attirer les insectes sur d'autres feuilles que celles de la betterave, et on a toujours la ressource d'employer les autres moyens de destruction dont nous avons déjà parlé. En tout cas, cette méthode ne peut être appliquée que dans des circonstances et des localités particulières, et le planteur a toujours à choisir, parmi les moyens préservatifs, le plus avantageux, de façon à n'être pas obligé de semer deux fois.

3°. Le troisième moyen pour protéger les betteraves est à la fois le plus simple et le plus pratique, et on l'emploie presque partout. Il consiste dans le mode de semis. Lorsque l'on sème en touffes épaisses et fortes, l'excès de plantes offre aux insectes une riche provision, et remplit par suite le même but que les pieds intercalaires de plantes parasites.

[Enfin, M. Eug. Pelouze a proposé l'emploi des résidus fortement odorants, et presque sans valeur, de la fabrication du gaz d'éclairage, la Naphtaline principalement. Ces matières, complétement inoffensives pour les plantes, incommodent assez les insectes pour les déterminer à abandonner promptement les champs sur lesquels on en a semé. Comme les insectes ne sont pas détruits, mais qu'ils sont simplement forcés d'émigrer, il est bon de ménager quelques lignes sur lesquelles ils viendront s'accumuler, on pourra ensuite faucher les tiges et les brûler.]

D'autre part, dans le semis en touffes, la distance plus grande qui sépare les touffes rend plus difficile pour l'insecte le passage de l'une à l'autre, tandis que dans le semis en lignes, ce passage est tout tracé; il en résulte que les ravages s'étendent dans ce dernier cas beaucoup plus aisément. En outre, le semis en touffes détermine, comme nous l'avons déjà remarqué, un développement plus actif de la plante, et celle-ci, grâce à la croissance vigoureuse du feuillage, est bientôt en état de résister par sa masse aux détériorations, ou du moins ne périt pas tout-entière. Nous avons d'ailleurs vu, dans le chapitre des semis comment on peut déterminer le même développement vigoureux de la plante par d'autres moyens, tels que l'imbibition dans le jus de fumier, l'engrais par places avec des os broyés, etc. Enfin, on doit attacher une grande importance à faire les semis à un moment convenable, de telle sorte que la graine commence à germer quand la terre est encore froide; de cette façon, la plante échappe rapidement à l'atteinte des insectes chez lesquels la vie ne se réveille qu'au moment où le sol est suffisamment échauffé. Nous avons déjà dit au reste que la fumure locale et la mouillade avec de l'urine, outre qu'elles agissent sur le développement, contribuent à préserver directement la graine contre les insectes. Mais à ce sujet, nous rappellerons qu'on doit éviter l'emploi pour ce but du fumier d'étable. Il renferme toujours une série d'êtres organisés qui se trouvent ainsi naturellement introduits dans le champ.

En résumé, il faudrait, pour combattre plus efficacement le mal causé par les insectes, connaître de plus près leurs conditions d'existence; jusque-là, les moyens que nous venons d'indiquer sont les seuls que le cultivateur ait à sa disposition.

[Payen a reconnu dans certaines conditions, sur la betterave à sucre, une maladie particulière dont les allures sont encore assez mal définies. Cette maladie débute par des taches jaunâtres, de nature cancéreuse, qui se montrent d'abord sur les feuilles, s'étendent, et finissent par envahir toute la racine dont elles creusent et rongent le tissu. Dans ces circonstances, le jus de la betterave est très-chargé en glucose et présente une réaction nettement alcaline. Toutefois, il ne semble pas que la maladie ait jamais atteint des proportions inquiétantes, ce qui explique le peu d'observations dont elle a été le sujet jusqu'ici.] —

Chapitre VII.

Choix et production de la graine.

[On admet que les premières betteraves à sucre provenaient d'un croisement accidentel de la poirée sur la betterave fourragère commune. Les nombreuses variétés obtenues en culture ont conservé de cette origine une grande tendance à revenir au type primitif. On a pu cependant par la sélection, le renouvellement des semences, produire et conserver des races à caractères nettement définis qui répondent aux différentes exigences de l'industriel et du cultivateur. La race qui, jusqu'à ce jour, concilie le mieux ces différents intérêts est la race française produite par l'acclimatation de la betterave de Silésie; elle présente deux variétés: la betterave blanche à collet rose et la betterave blanche à collet vert. Cette dernière doit être préférée dans la culture industrielle parcequ'elle est plus riche en sucre; elle sort très-peu de terre, sa racine, fusiforme et régulière, présente une chair blanche et ferme se conservant

bien. Le collet rose très-répandu, surtout dans les départements de l'Aisne, de la Somme, de l'Oise, est légèrement bouteux et dégénère promptement, ce type est d'ailleurs un premier terme de dégénérescence, il parait en effet résulter du croisement de la précédente variété avec la betterave disette. La race allemande est plus riche en sucre: c'est le but vers lequel devaient tendre les efforts des Allemands puisque chez eux l'impôt se perçoit en raison du poids brut de racines mises en œuvre; en revanche le rendement à l'hectare est notablement moindre. Cette race donne naissance à une variété à collet vert généralement employée en Saxe et en Pologne; d'autres variétés, peu différentes, ont pris le nom de leur centre de production, Magdebourg et Breslau. C'est en partant de ces variétés que M. Knauer a obtenu, par sélection, une variété, dite impériale, d'une très-grande richesse saccharine, mais si peu productive que sa culture ne s'est pas généralisée; c'est aussi le défaut, quoique à un moindre degré, de la betterave électorale due au même expérimentateur. Dans le même ordre d'idées, il faut citer la race améliorée de L. Vilmorin qui dépasse en richesse saccharine les meilleures betteraves allemandes, mais qui est d'un rendement très-faible comme poids, et appartient à un type racineux et irrégulier présentant de graves inconvenients pour le nettoyage en fabrique. On recommande aussi une racine riche et hâtive, de couleur rosée, à collet petit et ne sortant pas de terre, désignée sous le nom de betterave de Quedlinbourg.]

Toute plante prend naissance d'une graine et conserve le caractère que celle-ci lui a inoculé. Dans la culture de la betterave en particulier, on rencontre un grand nombre de variétés qui se reproduisent par leurs graines sans que leur caractère se modifie: ainsi, la betterave rouge turneps, la betterave jaune à manger, la betterave fourragère, la betterave à sucre avec ses nombreuses variétés. Le fabricant a donc un intérêt tout naturel à recueillir ou à se procurer de bonne semence, c'est une des conditions essentielles pour un travail rationnel et lucratif en fabrication. Aussi, dans tous les pays

où s'est propagée la culture de la betterave, a-t-on recherché avec soin, pour les faire venir à graine, les betteraves les plus riches en sucre, de façon à reproduire la même espèce à la récolte suivante. Mais ce choix des betteraves les plus convenables est toujours accompagné de difficultés plus ou moins grandes.

Dans beaucoup de cas, on trouve un indice à peu près assuré de la qualité de la racine dans l'aspect des feuilles, lorsqu'elles sont encore dans le champ, c'est-à-dire au mois d'Octobre. Tous les cultivateurs attentifs ont eu occasion de remarquer les variétés de conformation des organes extérieurs, variétés qui correspondent à des différences tout aussi grandes dans la nature de la racine elle-même.

Les signes auxquels le praticien reconnait de la sorte les betteraves le plus sucrées sont variables d'un pays ou d'une localité à l'autre, et on ne saurait indiquer de règle fixe applicable à tous les cas. Leplay semble même être arrivé à cette conclusion, que les feuilles n'offrent aucun indice de la qualité des betteraves. — Cette manière de voir me semble trop exclusive, car il est bien évident qu'une conformation différente du feuillage est liée à une constitution de plante différente, et la seule question est de savoir à quelle forme de feuilles correspond la richesse saccharine la plus grande dans la racine.

A Magdebourg, par exemple, on regarde comme l'indice de bonnes betteraves les feuilles petites, plates, retombant sur le sol. Dans la Russie méridionale au contraire, un homme expérimenté me faisait remarquer des feuilles de cœur jeunes, dentelées, ondulées, d'une couleur vert-clair; c'étaient celles qui, dans la localité, annonçaient les meilleurs plants. Et en effet, divers essais confirmèrent cette appréciation; ainsi, le jus de ces betteraves était plus lourd de 1° que celui des betteraves récoltées sur le même champ, mais dont les feuilles avaient une autre conformation.

Nous pouvons conclure de ce qui précède que l'observation attentive de ce caractère peut fournir sur la qualité de la bet-

terave des indications utiles, sauf, pour plus de sécurité, à les contrôler par d'autres observations ou d'autres expériences.

Le producteur intelligent pourra donc, avant la récolte, choisir quelques-uns des sujets qui, par la forme des feuilles, par le moindre développement de la tête paraissent dans les meilleures conditions.

Ces betteraves devront alors être retirées de terre avec précaution, et, après les avoir coupées à 2 ou 3 centimètres de la tête, on déterminera le poids spécifique du jus pour en vérifier la qualité.

A la vérité ce poids spécifique n'est pas dans un rapport constant avec la quantité de sucre: la nature du sol, le mode de culture, l'engrais, etc. influent notablement sur cette proportion (v. p. 142 et suiv.). On doit donc au préalable chercher quel doit être ce rapport pour assurer une bonne fabrication. Or, comme nous l'avons déjà dit, et ainsi qu'on l'a constaté expérimentalement, ce rapport, qui n'est autre que le quotient de richesse saccharine, ne doit jamais descendre au dessous de 75 %, c'est-à-dire que pour 100 de matières solides indiquées par l'aréomètre de Balling, on doit en avoir au moins 75 de sucre. Si le quotient était moins élevé, même avec une densité très-forte, on ferait mieux de ne pas choisir ces betteraves pour la reproduction.

Pour déterminer ce poids spécifique, Vilmorin a conseillé de percer chaque betterave de part en part, vers son milieu, avec une petite sonde speciale. Le morceau que l'on obtient ainsi et râpé, pressé, et le jus essayé à la température normale avec un petit aréomètre exactement gradué.

D'après Vilmorin, les bonnes betteraves doivent avoir une densité de 1,060 à 1,075 (8 à 10° Baumé, 15 à 18% Balling). Si la densité est plus forte, les betteraves sont encore meilleures, sous la réserve que le quotient de richesse saccharine conserve la même valeur. Lorsqu'on a ainsi déterminé les betteraves convenables pour la production de la graine, on remplit le trou fait par la sonde avec du sable sec, et on les conserve soigneusement.

Sullivan recommande de déterminer la densité de la racine tout entière, car un poids spécifique élevé, en même temps qu'il indique une forte proportion de matières solides, dénote une texture serrée de la betterave, et c'est d'habitude l'indice d'une bonne qualité. Il suffit alors de préparer une dissolution de sel d'une densité de 1,060 (15% Balling ou Brix, 8°,3 Baumé), d'y plonger les betteraves et de choisir pour la reproduction celles qui tombent au fond du vase. Les racines qui surnagent sont renvoyées à la fabrication. [Toutefois la densité de la betterave n'est pas un indice suffisamment rigoureux de sa teneur en sucre. Le volume, très-variable, d'air emprisonné dans le tissu de la plante rend les déterminations de densité, faites sur la racine même, complètement fautives: Vilmorin a dû renoncer à cette pratique dans ses études de sélection, et recourir aux manipulations délicates que nous avons indiquées plus haut.]

L'emploi de ces divers procédés pour le choix de bonnes plantes reproductrices a une importance capitale pour le fabricant. De nombreuses expériences semblent en effet démontrer que ces caractères de densité ou de richesse saccharine plus grande se conservent dans les générations suivantes. Le choix de bonnes graines permettrait donc, dans chaque cas, d'améliorer la qualité de la betterave cultivée, ou tout au moins l'empêcherait de dégénérer, ce qui arrive si fréquemment.

[La végétation complète de la betterave s'effectue en deux années, la première est consacrée à l'élaboration et à l'accumulation du sucre dans la racine; aussi voit-on la proportion du sucre pendant cette période aller en augmentant jusqu'au jour où l'hiver vient engourdir les forces de la plante. Dans la seconde année au contraire, on peut remarquer que la proportion de sucre diminue d'une petite quantité lorsque les premiers bourgeons foliaires viennent à se développer, mais qu'à partir de l'apparition des feuilles primordiales, elle reste stationnaire et constante jusqu'à la naissance des graines, et qu'alors elle va toujours en diminuant et disparait complètement quand les graines atteignent leur maturité. Il semble donc que la graine condense en elle, sous une forme ou sous une autre, tout le

sucre produit dans la première période de végétation, et il résulte des expériences de M. Corenwinder que la graine qui a été nourrie d'une forte proportion de sucre possède la faculté de transmettre à la racine qu'elle doit produire à son tour, des propriétés éminemment saccharines: La richesse saccharine peut ainsi se transmettre pendant plusieurs générations. On doit donc admettre que, parmi les causes qui influent sur la richesse saccharine, une des principales est sans contredit l'origine de la semence, et les fabricants ne sauraient attacher trop d'importance, au choix des racines porte-graines. M. Corenwinder reconnait une bonne betterave aux caractères suivants: "La racine allongée, pivotante, doit présenter un seul axe d'accroissement, la partie supérieure, arrondie en forme de poire, possède un collet petit, central, donnant naissance à un bouquet de feuilles peu volumineux: les sujets qui ont l'épiderme gris-fauve, avec une légère teinte rosée au collet, sont préférables. On doit rejeter les betteraves d'un grand diamètre à la naissance des feuilles, elles sont presque toujours creuses, pauvres et se conservent mal."]

Pour conserver les racines ainsi choisies, on les dispose régulièrement une à une en lignes recouvertes d'un peu de terre, de façon que toutes les couches se trouvent séparées les unes des autres. — On les protège contre le froid en recouvrant le tas avec une forte épaisseur de terre, et au besoin, avec du fumier. Au commencement d'Avril, on opère leur transplantation sur des champs exposés au soleil, élevés, et qu'on a dû préparer avec autant de soin que pour des betteraves de première année.

Les engrais azotés retardent la maturité des graines et la rendent très-inégale; aussi doivent-ils être repoussés dans la culture des porte-graines; on doit tout au plus se servir pour ces racines d'os broyés, de phosphates, qui suffisent parfaitement à fournir tout l'acide phosphorique essentiel au développement de la semence.

[A propos des engrais azotés, nous signalerons l'opinion de M. Dubrunfaut qui s'appuie sur d'interessantes observations:

se fondant sur ce que l'on ne retrouve pas de sulfate d'ammoniaque dans les betteraves récoltées pour le sucre, tandis que le nitre s'y retrouve intégralement, ce chimiste admet que les sels ammoniacaux sont des engrais azotés proprement dits, qui contribuent à la production des substances albuminoïdes des végétaux, tandis que le nitre parait n'être utilisé que dans la seconde période de la végétation et pour la production de la graine à la quelle il porterait l'alcali nécessaire.

M. Dubrunfaut a toujours trouvé dans les graines de betterave une alcalinité très-marquée, et, s'appuyant sur la disparition des sels alcalins dans la racine après la fécondation de la graine, il admet que le rôle de la potasse consiste surtout dans la fécondation des semences.]

Les racines sont plantées en carrés à 80 centimètres ou 1^m de distance les unes des autres, de façon à ce que les plants restent mieux exposés à l'action du soleil et qu'ils acquièrent plus de force. Beaucoup préfèrent disposer les racines obliquement dans la terre suivant différentes directions, à 3 centim. environ sous la surface, de façon à laisser les plantes se développer dans un grand nombre de direction. Les tiges résistent mieux de la sorte à l'action du vent, et il n'est pas nécessaire de lier leurs pousses à des tuteurs. Dans le premier cas, on doit au contraire soutenir chaque plant à l'aide de perches et de liens en paille, car il suffit d'un vent un peu fort pour causer des dommages importants.

On a enfin à veiller tout particulièrement à ce qu'il n'y ait pas dans le voisinage de graines de betteraves fourragères, car le vent seul déterminerait l'abâtardissement du plant et diminuerait la qualité. (Knauer).

Il va sans dire que les façons doivent être tout aussi soignées pour les champs où l'on cultive les porte-graines que pour des betteraves de première année; il est évident en effet que les plantes prennent, dans les deux cas, plus de force si les herbes parasites ne leur enlèvent pas une partie de leur nourriture.

Les porte-graines s'élancent rapidement en hauteur et se ramifient souvent. La figure ci-contre (fig. 16) représente un

Fig. 16.



plant de betteraves garni de ses semences à l'époque de sa maturité. Ce moment se reconnait à la coloration brune que prennent les extrémités.

Lorsque l'on a constaté ce caractère, on abat les tiges avec une faucille ou un couteau, et on les fait sécher au soleil, autant que possible sur le champ lui-même, puis elles sont battues au fléau ou foulées aux pieds après qu'on a pris la précaution d'étendre dessous de gros sacs de toile.

Ajoutons ici qu'il serait peut-être rationnel, au lieu de couper les tiges des porte-graines, de les enlever avec la racine elle-même. Le travail de la maturation pourrait ainsi se continuer et se compléter postérieurement au profit de la graine.

Il reste à débarrasser la graine des morceaux de tige qui y restent attachés; c'est une opération un peu délicate, mais à laquelle on arrive parfaitement avec un bon outillage. Cette précaution est d'ailleurs nécessaire et avantageuse, car les semis à la machine sont d'autant plus faciles et plus réguliers que la graine est plus propre.

Plus les graines sont plantées fraiches, plus leur développement est rapide et assuré. En vieillissant, elles perdent de plus en plus ces propriétés. Ainsi, des graines d'un an croissent plus vite et donnent moins de manquants que les graines de deux ans, et ainsi de suite.

Un autre motif qui milite en faveur du prompt emploi des graines de betteraves, c'est que les souris en sont très-friandes, et diminuent vite les provisions. Le meilleur moyen de conserver ces graines parait être de les tenir renfermées dans des sacs sur des planchers aérés (Fuhling).

Le rendement en graines varie de 1500 à 3000[k] à l'hectare (Fuhling).

Les variétés de graines dont le titre pompeux facilite la vente ne justifient pas en général les qualités qu'on leur attribue. Il y a peu d'articles de commerce où on ait autant abusé du charlatanisme que sur celui-là, et cela se comprend,

car les jardiniers qui en font trafic n'apportent qu'une médiocre attention à avoir de bonnes espèces. Le mieux pour se procurer une entière garantie est de s'adresser aux fabricants de sucre eux-mêmes qui, poussés par la nécessité, ont personnellement un intérêt tout spécial à bien diriger leur choix de porte-graines.

Nous devons noter ici que souvent il est très-utile de changer de graine pour les betteraves, comme on est obligé de le faire pour les céréales, en faisant venir de temps en temps des semences de provenance étrangère. D'ailleurs, pour déterminer surement quelle est la graine la meilleure dans chaque localité, il suffit de quelques expériences de culture: on plante les diverses graines à des places séparées, et on choisit, pour la propager, la variété qui a donné les meilleures racines.

Il importe enfin de ne pas oublier que les qualités de la semence se modifient souvent dans d'autres conditions de végétation, et cette dégénérescence est encore un motif pour renouveler fréquemment les graines, si l'on veut s'assurer une récolte de betteraves de bonne qualité.

D'autre part, Frickenhaus conseille à juste titre de croiser les diverses variétés de betteraves pour en améliorer le type. Ce conseil est fondé sur ce fait, que les premières betteraves à sucre sont provenues d'un croisement accidentel de la poirée sur la betterave fourragère commune, et que nous pouvons de même reproduire, par une sélection heureuse des individus primitifs, les betteraves riches en principes sucrés que doit rechercher la fabrication. Frickenhaus croit pouvoir conclure de ses recherches poursuivies pendant plusieurs années: 1°, que la richesse saccharine s'élève par le croisement, 2°, qu'un nouveau croisement rationnel peut encore augmenter la proportion de sucre dans ces betteraves déjà améliorées, 3°, que les betteraves croisées renferment des proportions de sucre plus uniformes et plus constantes que les espèces similaires avant croisement.

En fait, si l'on réfléchit que, par le croisement, par une culture appropriée, nous pouvons améliorer diverses plantes, on ne sera pas éloigné d'admettre qu'un choix convenable et des efforts attentifs puissent amener les mêmes résultats pour la betterave sucrière, et augmenter ainsi les rendements de la culture actuelle. La production de la graine pourrait alors se faire d'une manière systématique, à l'abri des influences dues à un hasard aveugle. Si ces conditions se réalisaient, l'esprit humain se rendrait maitre de toutes les actions auxquelles cette culture est soumise, et notre industrie ne tarderait pas à devenir plus sûre et plus fructueuse.

Je suis redevable à l'obligeance de M. Frickenhaus d'être possesseur depuis plusieurs années, de ses meilleures graines. J'ai pu, de la sorte, poursuivre dans la Russie méridionale de nouveaux croisements des variétés les plus estimées. J'ai obtenu ainsi des betteraves dont le jus marquait 18,8 % Balling et 16,5 % de sucre, en partant de variétés dont le jus ne renfermait avant que 17,8 % Balling et 16,35 % de sucre. Les plants avaient été disposés les uns auprès des autres, de façon que leurs fleurs se touchaient; grâce à ce voisinage, la moindre agitation des tiges suffisait pour assurer le transport du pollen. Sous ce climat propice, et sur un sol excellent pour les betteraves, les résultats de mes essais ont été très-favorables, et m'ont amplement récompensé des soins qu'ils avaient exigés.

Dans ces conditions, la production de bonnes graines devient un art véritable qui devra supplanter la routine suivie jusqu'à ce moment.

J'ajouterai ici que le renouvellement de la graine est essentiel, surtout dans l'intérêt du fabricant de sucre. Les graines provenant des pays froids transportées dans des climats tempérés donnent des betteraves plus robustes et plus vivaces. C'est pour confirmer ce fait que j'ai prié un fabricant français, M. Vavin, de Brazey-en-plaine (Côte d'or), de faire quelques essais avec des graines provenant de mon domaine de Kalinofska (Podolie). M. Vavin a constaté les résultats suivants:

Année 1871.	Walkhoff (blanche) . .	7°,7 Baumé,
-	Vilmorin (rose) . . .	7° -
-	Lambert (blanche) . .	6°,8 -
-	Lefebvre (rose) . . .	5°,8 -
Année 1872.	Walkhoff (blanche) . .	7°,6 -
-	Desprez (blanche) . .	7°,1 -
-	Simon (rose)	7° -
-	Lefebvre (rose) . . .	6°,6 -
-	Vilmorin (rose) . . .	6°,5 -
-	Beauvois (rose) . . .	6°,1 -
-	Lambert (blanche) . .	6° -

Ces essais, faits sans aucun parti pris, prouvent qu'il serait intéressant d'en répéter de semblables en France, et je me mets, à cet effet, à la disposition des fabricants.

Chapitre VIII.

Frais de culture. — Récolte et conservation des betteraves.

La betterave est une plante bisannuelle, qui ne produit de graines qu'au deuxième été, et qui n'achève qu'à ce moment la durée complète de sa végétation. A l'époque où nous arrachons les racines pour la fabrication, c'est-à-dire à l'automne de la première année, la plante n'est pas encore parvenue, à proprement parler, à sa maturité, mais la quantité de sucre que renferment les racines a atteint son maximum, car cette matière semble destinée à subvenir à la nourriture ultérieure de la plante, et principalement de la graine; elle diminue et disparait entièrement pendant que la graine se développe. Pour le fabricant qui a intérêt à prendre la racine au moment où elle est le plus riche en sucre, l'instant le plus favorable pour la récolte est donc compris entre la fin de Septembre et le milieu d'Octobre, alors que les feuilles cessent de se développer; plus tard, les froids rigoureux (au dessous de 5°) ne

tarderaient pas à nuire à la plante. Toutefois, on ne saurait fixer d'une manière absolument précise, dans la pratique, la date exacte à la quelle on doit commencer la récolte des betteraves. Elle dépend toujours, entre autres choses, du nombre des ouvriers qu'on peut se procurer. On peut poser, comme règle absolue, que la récolte doit toujours être entièrement achevée avant les grands froids, c'est-à-dire avant le 15 ou le 20 Octobre. Dans beaucoup d'ouvrages, on recommande de choisir, pour commencer la récolte, le moment où les feuilles deviennent jaunes. Ce caractère pourrait, selon moi, entraîner à de graves mécomptes, car, dans les années sèches, dès le mois de Juillet, beaucoup de feuilles se fanent et jaunissent, tandis que plus tard, les nuits devenant plus fraîches et les brouillards plus fréquents, les racines donnent souvent en Septembre des feuilles nouvelles et vertes. En réalité, la plante ne mûrit pas pendant la première année, elle ne saurait donc offrir aucun signe réel de maturité, et la seule règle pratique que l'on puisse donner, c'est de récolter les betteraves le plus tard possible.

Pour arracher les betteraves, on se sert d'une bêche longue et étroite dont le fer est muni à la partie supérieure d'un rebord qui permet d'enfoncer l'outil dans le sol à l'aide du pied.

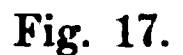
Les fourches à deux branches qu'on employait autrefois pour le même usage doivent être entièrement proscrites. Dans les efforts que l'on fait pour dégager et extraire la racine, les pointes de l'instrument atteignent souvent la betterave et l'abiment.

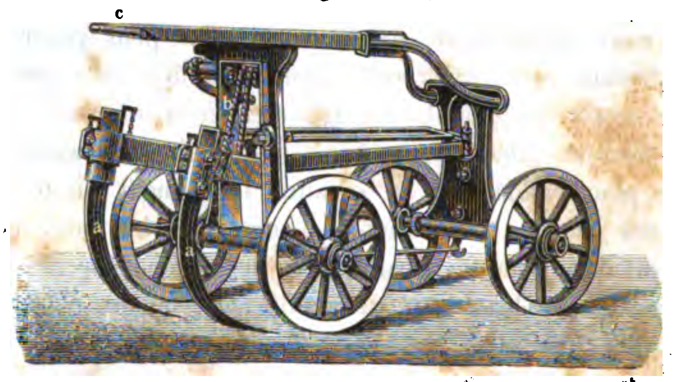
La bêche laisse au contraire toujours une couche de terre entre elle et la racine qui se trouve ainsi préservée du contact du fer.

On a cherché dans ces derniers temps, au lieu d'employer la bêche ou la fourche, à opérer l'arrachage des betteraves mécaniquement. La figure 17 représente un arracheur de betteraves bréveté en Allemagne par M. Siedersleben.

Cet instrument consiste essentiellement en un charriot à quatre roues portant à l'arrière deux socs en forme de couteaux très-allongés. L'enfoncement des couteaux en terre s'obtient

et se règle en lâchant plus ou moins les chaînes *b*; la marche de la machine doit être dirigée de façon à ce que les socs


Fig. 17.



suivent les lignes de betteraves: le levier *c* sert à guider l'attelage. La traction des animaux détermine un léger soulèvement des racines sans leur causer le moindre dommage; il ne reste plus qu'à les ramasser et les mettre en tas. Cet instrument n'offre de difficultés réelles que par les temps humides et pour les terres mouillées, mais là encore son emploi est avantageux au point de vue surtout de la rapidité du travail.

[Quelques arracheurs du même genre ont été construits en France; nous signalerons parmi les plus satisfaisants, l'instrument bréveté par M. Lefebvre-Flamant.[1] C'est une sorte de charrue sous-sol dont le soc travaille la terre au-dessous de la racine qui se trouve ainsi soulevée sans avoir été touchée par le fer; l'arrachage est complété par le jeu d'une pièce disposée obliquement par rapport au fer de la fouilleuse, et qui n'agit qu'à la surface du sol; c'est un pulsateur qui rejette les betteraves en dehors des lignes; il ne touche aux racines que par des surfaces courbes incapables de produire le moindre déchirement. L'appareil bien conduit peut arracher facilement un hectare par jour.

---

1) Journal des fabricants de sucre.

En substituant la machine à l'homme, on avait en vue d'obtenir un arrachage tout à la fois plus rapide et moins dispendieux: jusqu'ici, la première condition se trouve seule remplie; l'économie de main d'œuvre est insignifiante. Toutefois, les arracheurs de betteraves peuvent rendre de grands services quand le travail est pressé, ou quand on manque de bras.]

Immédiatement après l'arrachage, on débarrasse les betteraves de mottes de terre qu'elles conservent, en les prenant par les feuilles et frappant les racines l'une contre l'autre. Les feuilles sont séparées par un coup de couteau, et les racines mises en petites masses. Pour protéger ces tas contre le soleil ou l'action du vent qui les dessécherait, on les couvre de feuilles. De la sorte, on évite que les betteraves ne se flétrissent, accident dont nous avons déjà signalé plus haut les conséquences fâcheuses.

On a souvent proposé de ne pas séparer immédiatement les feuilles des racines, mais de mettre le tout en tas en laissant les feuilles à l'extérieur. Ces feuilles, tout en protégeant la racine, permettraient ainsi à la formation du sucre de se continuer et au jus de s'épurer. — Il reste à l'avenir à mettre en évidence la valeur de cette théorie, et surtout à faire connaître les difficultés ou les avantages qu'on trouverait à l'introduction de ce procédé dans la pratique.

C'est un point encore indécis, de savoir si l'on doit enlever, immédiatement après l'arrachage et en même temps que les feuilles, la partie supérieure et verte de la racine sur laquelle sont les points d'attache des feuilles, ou s'il convient de retarder cette opération pour une époque ultérieure.

L'enlèvement de la tête des racines sur le champ même ne saurait se faire régulièrement, par suite de la rapidité inévitable du travail et de la grande quantité de terre qui reste adhérente. Les têtes, dans ces conditions, sont mal nettoyées, et comme elles restent avec les feuilles, elles ne se prêtent pas aussi bien à la nourriture du bétail que dans l'autre mode de travail. En outre, par le fait même de la section, une certaine

quantité du jus s'extravase, reste exposée à l'action de l'air et peut ensuite exercer une influence fâcheuse sur la conservation de la racine toute entière.

Au contraire, en laissant la tête avec la racine, on rend le travail de la récolte plus facile, on augmente les chances de conservation pour la betterave, on lui laisse la possibilité d'une certaine amélioration par suite de la faible végétation qui se développe dans le silo aux dépens des matières que retient le collet. Enfin, le coupage de la tête se fait plus facilement en fabrique après le lavage, les parties que l'on retranche sont plus propres et fournissent une nourriture mieux appréciée des bestiaux.

[La conservation des feuilles de betteraves en vue de l'alimentation du bétail présente de sérieuses difficultés: les feuilles fraîches se conservant mal en silos, même après addition de 0,25 % de sel marin. Les essais d'ensilotage avec mélange de paille n'ont pas donné de meilleurs résultats. C'est pourtant une substance alimentaire importante comme on en peut juger par sa composition:

Matières protéiques	2,54
Matières grosses	0,80
Principes dérivés du sucre	0,41
Matières azotées	10,43
Cellulose	2,83
Potasse et Soude	1,57
Chaux et Magnésie	1,75
Acide phosphorique	0,12
Acide sulfurique	0,26
Éléments insolubles	11,17
Eau	68,13
	100,00.

Monsieur Méhay[1] a imaginé un procédé assez simple et que la pratique a sanctionné: il a pour base la cuisson des feuilles en présence d'une petite quantité d'Acide chlorhydrique,

1) Sucrerie indigène. Ve année.

0,50 % du poids des feuilles. Les feuilles sont ensuite égoutées et mises alors seulement en silos.]

Dans certaines grandes fabriques, on n'enlève pour ainsi dire rien à la betterave par le coupage, mais dans ce cas, on doit s'attendre à un rendement plus faible et à des produits de qualité inférieure, car non seulement la tête renferme, comme on le sait, moins de sucre que le reste de la racine, mais encore elle est chargée de sels qui constituent toujours un obstacle à la cristallisation du sucre. Ainsi, l'on observe souvent que le jus provenant de la tête d'une betterave renferme, sur 100 parties de matières solides, 65 seulement de sucre, tandis que le taux de richesse saccharine s'élève à 75 % dans le reste de la racine. Du reste, ce rapport peut changer beaucoup d'un cas à l'autre, car il dépend de l'engrais, de la culture, etc.

La perte résultant de l'enlèvement de la tête varie, dans les diverses fabriques, suivant la nature de la betterave, le mode de culture. On peut admettre qu'elle représente, en moyenne, de 6 à 15 % du poids de la récolte.

Il peut être intéressant d'évaluer ce que coûte d'argent et de main-d'œuvre la culture des betteraves depuis le commencement jusqu'à cette époque. Plusieurs écrivains ont donné ces chiffres, variables naturellement avec les circonstances locales:

Prix de revient de la culture par hectare.

	D'après Achard		Koegël à Garden.	Weyhe à Wegeleben.	Schwarz-waller.	Russie		Schatten à Wegeleben.	C. E. Walkhoff à Magdebourg.
	Nombre de journées.	Dépenses.				Nombre de journées.	Dépenses.		
Fermage	—	—	56f,45	—	—	—	—	—	—
Engrais	—	—	72, 20	—	—	—	—	—	—
Frais d'épandement ou d'enfouissement	—	47f,04	52, 68	51f,74	56f,45	—	56f,45	64f,10	57f,39
Surveillance	—	—	8, 47	4, 70	4, 70	—	—	5, 47	—
Graines	—	7,06	11, 29	—	9, 40	—	28, 22	11, 29	9, 40
Semis	24	14,11	4, 70	10, 67		—	6, 58	9, 90	4, 70
Première façon	36	21,17	—	13, 17		31		8, 29	15, 35
Isolement des plants. . .	32	16,46	5, 27	7, 99		78	36, 28	6, 31	6, 58
Deuxième façon	28	16,46		9, 05	91, 72	—		8, 46	14, 11
Troisième façon	—	—	34, 26	6, 11		31		6, 31	11, 58
Quatrième façon	—	—		4, 70		--	—	4, 90	7, 05
Arrachement des racines .	16	7,52	41, 88	35, 27		39	56, 45	27, 83	22, 10
Chargement	—	28,22		11, 75	—	—	56, 45	—	—
Transport.	—	—	32, 92	—	28, 22	—		28,22	—
Mise en silos	—	—	—	8, 29	—	—	—	[1])9,02	32, 45
Enlèvement des silos . .	—	—	8, 94	—	—	—	—	8,09	—
Total . .	136 j.	158f,04	329f,06	173f,44	190f,49	179 j.	240f,43	198f,19	180f,71

1) Dépense calculée pour la récolte entière, quoiqu'une grande partie eût été employée immédiatement.

Le rendement en betteraves varie en Allemagne, de 24 à 36,000 kilos à l'hectare, soit, en moyenne, 30,000 kilos et la dépense s'élève, sans y comprendre le fermage et l'engrais, à 180f environ.

En France, d'après Basset, (Guide pratique du fabricant de sucre), ces frais sont évalués par Mathieu de Dombasle, Payen et autres, fermage et engrais non compris, à 150f par hectare, pendant que l'engrais, le fermage, etc., sont comptés à 200f. Mais l'auteur que nous citons va plus loin; il admet que les betteraves coûteraient aujourd'hui en frais de production 10f,75 par 1000 kilos, ce qui ferait 300f par hectare; il est vrai qu'en France, par suite du rendement plus élevé en poids des récoltes, on obtient à 6 % de 2000 à 2800 kilos de sucre à l'hectare, tandis qu'en Allemagne à 8 %, on ne retire que 1,600 à 2,400 kilos.

[Aujourd'hui, dans le nord de la France, les frais de culture par hectare atteignent en moyenne les chiffres suivants :

Location	140f
Labours	60f
Fumier	175f
Épandage	5
Binotage . . . . . et démariage . .	30f
2 Tricyclages	12
Boulage et hersage .	15
Graine	25
Façons et arrachage .	85f
Total	547f

la récolte de 35,000 à 40,000k à 20f ‰ donne un produit qui varie entre 700 et 800f et laisse donc au cultivateur 150 à 250f de bénéfice.]

[Ces chiffres supposent que les façons soient données toutes à la main. Au dernier concours de Meaux[1] le binage mécanique à cheval de Garrett a donné de bons résultats. Le travail a été bien fait également par la bineuse de M. Lefèvre de Vend-

1) Journal d'Agriculture pratique 1873.

huile: cet instrument décacine les herbes, les soulève en coupant plus ou moins les racines, et en détache la terre au moyen d'un petit cylindre armé de pointes: de la sorte, les herbes se dessèchent et meurent plus sûrement. Dans ces expériences on a fixé ainsi que suit le prix des façons: le binage ordinaire revient à 35f l'hectare; une bineuse à un cheval travaille, avec un homme et un gamin, à raison de 2 hectares et demi par jour, soit 3f,80 l'hectare; pour les trois façons, y compte l'intérêt et l'amortissement de la machine, l'hectare ressortirait donc à 14,90, soit 20f,10 d'économie sur le binage à la main.]

Les chiffres de rendement cités plus haut sont ceux des premiers mois de la campagne; plus tard, la betterave conservée s'appauvrit de sucre et se charge de principes fermentescibles qui rendent souvent le travail moins fructueux. Aussi, est-ce un des problèmes les plus essentiels de notre industrie de conserver les betteraves sans altération jusqu'à la fin de la campagne. Si cette condition n'est pas réalisée, le fabricant le plus habile ne saurait atteindre un rendement avantageux avec une matière qui renferme déjà du sucre modifié, et néanmoins, il lui faudra et plus de frais et surtout des traitements plus attentifs, pour tirer parti de cette matière partiellement altérée. Aussi, ces conditions motivent pleinement les recherches faites pour trouver une méthode de conservation des betteraves qui puisse donner de bons résultats dans tous les cas. Pour comprendre la difficulté de la question, il suffit de se rappeler que la betterave est une aggrégation d'un nombre infini de petites cellules, que le jus de ces cellules, comme tous les liquides sucrés du règne végétal, fermente avec une extrême facilité sous l'influence de l'air et de la chaleur, et que cette fermentation se propage très-rapidement de cellule en cellule pour envahir toute la racine.

Une température trop haute ou trop basse, une tendance de la racine à se flétrir par suite du manque d'eau, l'accès direct de la lumière, telles sont les causes générales qui agissent sur la betterave pour empêcher sa conservation; ce sont donc là aussi les dangers qu'il importe de combattre, soit

par le mode même d'aménagement, soit par des soins attentifs et vigilants pendant la durée de l'hiver.

Lorsque les betteraves sont amoncelées en tas volumineux, elles s'échauffent; il parait se produire une modification du jus, une sorte de fermentation, par suite de laquelle le sucre cristallisable se transforme en sucre incristallisable; au moins, c'est un fait maintes fois observé, que de pareilles betteraves donnent à la défécation un jus coloré en noir. Or, à l'état normal, les betteraves ne contiennent que du sucre cristallisable qui ne se colore pas sous l'action de la chaux, non plus que sous celle des autres bases alcalines. Il en résulte donc que la couleur noire à la défécation ne pouvant être due à l'action de la chaux sur le sucre cristallisable du jus, peut être regardée comme l'indice d'une betterave malade. Cette coloration n'apparait d'ailleurs qu'à la fin de la campagne; pendant les mois de Septembre et d'Octobre, les racines qu'on amène directement à la fabrique sans les avoir mises en silos donnent un jus clair et rosé à la défécation. L'élévation de la température en silos détermine donc la transformation du sucre cristallisable en une autre variété donnant avec la chaux une teinte rouge ou brune. — Cette manière de voir est d'ailleurs pleinement confirmée par les recherches d'Hochstetter lequel a constaté que les dissolutions sucrées contenant trace d'autres sortes de sucre se colorent instantanément lorsqu'elles sont mises en contact, sous l'action de la chaleur, avec de l'eau de chaux. — Or, nos procédés de défécation reposent en réalité sur l'ébullition du jus en présence de la chaux, et ils ne sont que la réalisation en grand de la réaction précédente qui décèle la présence du sucre incristallisable. Nous aurions donc, d'après cette théorie, dans la couleur du jus à la défécation, un contrôle assuré de la conservation des betteraves, et nous pourrions constater dès leur début les altérations qui se produisent dans les racines.

Un fait intéressant et que je n'ai vu indiqué nulle part, c'est que les betteraves qui ont eu à souffrir de la sécheresse et de la chaleur pendant leur développement donnent, même

quand on les travaille immédiatement, un jus coloré, exactement comme les betteraves développées normalement et qui se sont altérées pendant leur conservation. Il est évident que pour les racines dont la végétation a ainsi souffert, l'échauffement en tas est encore plus à redouter que pour les autres.

On a recours dans la pratique à des procédés de nature très-diverse pour protéger les betteraves, pendant qu'on les conserve, contre cet échauffement si préjudiciable à la fabrication.

Le mode le plus simple parait être de disposer les betteraves en très-petits tas ou en couches minces. On sait, pour tous les autres fruits, qu'ils se conservent moins bien en grandes masses que par petites quantités. Ainsi, l'on évite de mettre les pommes ou les poires les unes sur les autres. L'échauffement ne se produit en effet que sur de grandes masses, et on pourrait presque admettre que l'élévation de température est proportionnelle à la hauteur des tas. — On est donc conduit à en conclure, comme règle, que la hauteur des betteraves ne doit pas dépasser 1 mètre, à moins qu'on ne prenne la précaution d'installer dessous un plancher à claire-voie, de manière à prévenir l'échauffement.

L'élévation de la température dans de grandes masses est due en effet à l'insuffisance de circulation de l'air qui pourrait les refroidir, et je suis convaincu que l'on pourrait disposer les betteraves sur une très-grande hauteur, 6 ou 7 mètres par exemple, avec une petite base, si l'on assurait sur toutes les parois un libre accès à l'air extérieur; la conservation n'est qu'une question de surfaces d'exposition à l'air; or, plus ces surfaces sont grandes, autrement dit, plus on a de moyens de refroidir les racines, et mieux on est garanti contre tout développement anormal de chaleur. C'est en se fondant sur ce fait qu'on a conseillé de donner aux tas de betteraves, par mètre cube de racines, $^1/_{10}$e ou $^1/_{15}$e de mètre carré de surface exposée à l'air.

L'air froid constitue un des moyens dont on peut disposer pour prévenir l'élévation de température, mais la terre est

encore plus utile pour assurer ce résultat. C'est un fait bien connu que la température du sol, même à de très-petites profondeurs est constante, et que les variations extrêmes de température dans l'atmosphère ne se font sentir qu'à une très-faible distance de la surface; ainsi, dans nos climats, les variations diurnes de la température cessent d'être constatées à 6 décimètres environ de la surface. On en peut donc conclure que la terre remplit toutes les conditions voulues pour assurer une température uniforme, et que, par suite, elle offre de précieuses ressources pour la conservation des matières organiques. L'expérience en grand confirme cette manière de voir, et l'on doit admettre à priori, que la betterave, comme les autres fruits, est efficacement protégée contre le soleil et le vent, lorsqu'elle est recouverte de terre.

L'expérience m'a démontré que, pour les betteraves ainsi recouvertes, il était utile de contrôler la température de la masse à l'aide d'un thermomètre placé dans un tube et enfoncé assez avant dans le tas pour accuser exactement la température de l'air qui s'y trouve confiné. On peut suivre de la sorte l'état de conservation des racines par la lecture journalière de leur température, beaucoup plus facilement qu'on ne peut le faire par la marche même de la fabrication. Dès que le thermomètre accuse une élévation de température extraordinaire, et que ne motivent pas les influences extérieures, le tas doit être démoli et les betteraves immédiatement livrées au travail du râpage.

J'ai réuni dans le tableau précédent le relevé des températures moyennes des silos dans cinq fabriques que j'avais à diriger. J'ai noté également la température de l'air extérieur et du sol aux mêmes dates. Il résulte des chiffres de ce tableau qu'une température de 0° à 6° est le plus favorable aux betteraves, pendant l'hiver, pour garantir leur conservation. Dès que la température s'élève au-dessus de ce point, on fait bien de mettre les betteraves immédiatement en oeuvre. Toutefois, il importe de raisonner uniquement sur l'élévation spontanée de chaleur des betteraves elle-mêmes, et de ne pas confondre les indications du thermomètre résultant de ce travail

Dates.	Mois.	Température moyenne des sil…							
		Température moyenne dans les silos.							
		I Sméla		II Jallonofka		III Kapitanofka		IV Balakleja	
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
1 à 5	Septembre	—	—	—	—	12°,7	3°,7	—	—
5 à 10	-	—	—	16°,2	11°,6	12°,5	6°,2	—	—
10 à 15	-	—	—	21°,6	17°,8	18°,7	15°	—	—
15 à 20	-	—	—	21°,3	17°,2	21°,5	11°	—	—
20 à 25	-	17°,5	15°	15°,6	12°,8	13°,5	4°,4	—	—
25 à 30	-	14°,2	12°	15°	9°,7	12°,4	3°,1	—	—
1 à 5	Octobre	13°	9°	14°,2	9°,2	15°	4°,9	—	—
5 à 10	-	10°,4	8°,5	13°,8	7°,5	16°	5°	—	—
10 à 15	-	9°,6	7°,9	12°,4	8°,5	13°	2°,7	—	—
15 à 20	-	7°	3°,75	—	—	8°,7	3°,4	—	—
20 à 25	-	5°,2	4°	—	—	8°,7	0°,6	—	—
25 à 30	-	4°,7	3°	6°,8	2°	6°,9	1°	5°,2	2°,2
1 à 5	Novembre	3°,75	1°,4	5°,5	0°,9	4°,4	0°,6	4°,8	1°,7
5 à 10	-	3°,4	1°,7	4°,4	0°,9	4°	0°,6	4°,4	1°,[illegible]
10 à 15	-	4°,2	2°,8	4°,7	1°	3°,7	0°,7	4°,2	2°
15 à 20	-	5°,2	4°	7°,5	2°,6	5°,4	1°,9	7°,1	3°,7
20 à 25	-	4°,5	2°	4°,5	1°,1	4°,7	1°	5°,2	2°,1
25 à 30	-	4°,4	2°	3°,5	0°,9	4°,7	1°,2	5°,2	3°,[illegible]
1 à 5	Decembre	4°	2°,5	3°,7	1°,5	5°	1°,5	6°	2°,[illegible]
5 à 10	-	4°,1	2°,8	5°	1°,4	4°,9	1°,2	6°	4°,[illegible]
10 à 15	-	3°,7	2°,7	3°,6	0°,6	5°	1°,2	5°	3°,5
15 à 20	-	3°,5	2°,8	4°,2	0°,9	8°	0°,5	4°	3°
20 à 25	-	—	—	3°	0°,9	8°,2	0°,4	4°,2	2°,[illegible]
25 à 30	-	3°,7	2°,1	3°,7	1°,7	7°,4	0°,4	4°,9	4°,1

pendant la campagne 1860—1861.

Température moyenne autour des silos.

V Gruschofka		Air extérieur matin et soir					Sol à 2m,20 de profondeur				
max.	min.	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
—	—	—	—	6°,2	—	—	—	—	12°,5	—	—
—	—	—	15°	10°,9	—	—	—	13°,1	15°,9	—	—
—	—	—	16°,9	15°	—	—	—	18°,5	17°,5	—	—
—	—	—	18°,1	13°,5	—	—	—	19°,9	16°,7	—	—
—	—	11°,9	9°,9	7°,3	—	—	20°,2	18°,7	15°	—	—
—	—	11°,9	15°,2	7°,5	—	—	15°	21°,2	13°,5	—	—
—	—	6°,1	10°,6	7°,5	—	—	16°,2	16°,9	12°,5	—	—
—	—	9°,9	9°,6	8°	—	—	12°,5	16°,2	12°,5	—	—
—	—	7°,4	6°,2	3°,7	—	—	11°,5	15°,4	11°,2	—	—
—	—	3°,5	—	1°,2	—	—	9°	—	10°	—	—
—	—	1°,6	—	2°,5	—	—	9°,4	—	9°,2	—	—
6°,2	0°,6	3°,4	2°,9	2°	2°,5	9°,4	8°,4	7°,5	7°,5	6°,9	12°,5
6°,7	0°,4	2°,1	4°,7	4°,5	1°,9	4°	7°,1	8°,7	6°,8	3°,5	11°,1
6°,2	1°,2	1°,6	0°,6	1°,2	2°,1	1°,2	7°	8°,1	6°,1	3°,1	7°,1
6°,2	1°,2	2°,2	1°	2°,5	1°,6	2°,5	6°,5	7°,5	5°	3°,2	10°
7°	3°,5	6°	4°,1	5°,2	6°,1	6°,2	7°,4	8°,2	5°	4°,5	8°,7
3°,5	0°,6	9°,2	11°,8	10°,5	13°,8	12°	6°,1	8°,1	5°	1°,5	8°,7
—	—	4°,5	5°,5	3°,7	3°,2	—	5°,5	7°	5°	2°	—
—	—	4°,1	0°,9	4°,5	5°,6	—	5°,5	6°,2	4°	2°	—
—	—	1°,9	1°,6	1°,6	4°,1	—	5°,5	5°,8	3°,7	2°,1	—
—	—	3°,9	6°,1	4°,5	6°,1	—	5°,2	5°,1	3°,7	2°,5	—
—	—	10°	11°,2	8°,4	10°,4	—	4°,9	5°,4	3°,7	2°,1	—
—	—	—	14°,4	10°,9	25°	—	—	4°,2	1°,7	2°,2	—
—	—	10°,2	12°,9	9°,8	16°,2	—	4°,2	3°,5	2°,5	2°	—

intérieur avec celles qu'entraînent les variations de température de l'air extérieur.

Mais si une trop grande élévation de température est nuisible à la betterave, un refroidissement considérable ne l'est pas moins; les racines une fois sorties de terre ne peuvent pas supporter un froid de plus de — 6°. On a bien coutume de dire qu'on peut encore sauver les betteraves frappées sous une couche de terre par un froid de — 7°, mais, encore que ces betteraves ne soient souvent gelées qu'à la tête, le mieux est de les employer le plus tôt possible. — Lorsque les betteraves sont exposées à un froid intense, le jus se congèle et brise les parois des cellules, comme le ferait l'eau dans un vase fermé ou dans un canon que sa dilatation peut faire éclater. Il est vrai que le sucre ne souffre pas de la congélation du jus, et l'on prétend même que les betteraves gelées donnent un jus plus dense que les autres, ce que l'on explique en disant que la congélation a séparé une partie de l'eau.

Si donc, dans ces conditions, la température de l'hiver restait constante, la conservation des betteraves n'offrirait aucune difficulté sérieuse; c'est aux changements de température, à l'époque du dégel, que de danger est à redouter. L'adoucissement de la température éveille, dans les matières azotées du jus, l'action de ferments énergiques; il en résulte une rapide oxydation du jus accusée par la couleur noire qu'il prend, puis une fermentation glaireuse, et enfin une destruction du sucre. Malheureusement, dans le jus de betteraves, les ferments sont assez vivaces, si je puis m'exprimer ainsi, pour que, ni le froid, ni la température de l'ébullition, ne puissent les détruire; ils diffèrent en cela des principes de beaucoup d'autres fruits qui se conservent parfaitement lorsqu'on les traite par le procédé d'Appert. Pour les betteraves au contraire, que le jus ait été congelé, ou qu'il ait été porté à l'ébullition après défécation, il a encore une grande tendance à la fermentation, et j'en citerai comme preuve l'altération bien connue des eaux de dégraissage des filtres. On a donc intérêt, tant pour prévenir l'action du dégel sur les ferments, que pour éviter les

difficultés de travail que présentent au râpage et à la pression les betteraves gelées, à préserver soigneusement ces dernières de l'action de froids trop énergiques.

En dehors d'une température constante, il importe, pour conserver les betteraves, qu'elles renferment une proportion d'eau normale, qu'elles soient déposées fraiches dans les silos. L'expérience démontre en effet que les racines flétries moisissent facilement en silos, et qu'elles se désorganisent plus rapidement que les autres.

Or, les betteraves se flétrissent ainsi, ou bien sous l'action desséchante du soleil et du vent, ou bien lorsqu'elles sont restées, après qu'on a enlevé les feuilles, exposées à l'air libre, ou enfin, lorsqu'elles se sont développées dans un sol tenant mal l'eau, par une saison de chaleur et de sécheresse. Dans ce dernier cas, les racines travaillées immédiatement après la récolte donnent un jus tout aussi coloré que celui des racines de meilleure qualité conservées pendant très-longtemps et échauffées en tas. Lorsque le fabricant a reçu des betteraves fanées comme celles dont nous venons de parler, il peut facilement leur restituer leur humidité normale en les arrosant abondamment avec de l'eau qu'on amène sur les tas par un tuyau de pompe à incendie: la betterave absorbe rapidement cette humidité. L'arrosage, tel qu'on le pratique fréquemment en France et en Hongrie après les années très-séches, a un autre avantage: une partie de l'eau se vaporisant, il en résulte pour le tas entier de racines un rapide abaissement de température qui ne peut avoir que des avantages. — Quant à la rapidité avec laquelle la betterave absorbe l'eau dans de pareilles circonstances, on peut la déduire d'une expérience qui date de l'automne de 1859, et dans laquelle je fis baigner entièrement les racines dans l'eau.

En 24 heures, les betteraves avaient absorbé 12,5 % d'eau, elles paraissaient plus robustes et mieux portantes que les betteraves prises dans le champ; elles cassaient en craquant.

Après un séjour nouveau de 24 heures, elles avaient encore absorbé 3 % d'eau, et étaient encore plus cassantes.

Les racines furent encore laissées 4 jours dans l'eau. A ce moment, toutes les cellules avaient éclaté, les betteraves étaient blanches mais se coloraient très-rapidement en noir par l'exposition à l'air. Le jus déféqué était glaireux mais très-clair, tandis que d'autres betteraves exposées à l'air pendant le même temps donnaient des jus très-foncés. Ces observations limites semblent donc prouver qu'une betterave renfermant une proportion d'eau normale donne toujours de meilleures défécations qu'une racine fanée.

Mais, en général, les betteraves ne se fanent qu'après la récolte, lorsqu'on les laisse exposées à l'air libre: dans ces conditions, le soleil les échauffe, et les prédispose à la fermentation ultérieure en silos; en même temps, le vent les dessèche et peut leur enlever une forte proportion d'au. De là, le dicton des cultivateurs de Magdebourg, que les betteraves ne doivent pas sortir de terre, principe excellent, d'après lequel on recouvre les racines, soit avec de la terre, soit avec des feuilles, dès qu'elles sont arrachées, puis on les met immédiatement en silos dans de la terre fraiche. De là encore, l'habitude de tous les cultivateurs de n'arracher les betteraves que par un ciel couvert et un air humide de les couvrir soigneusement dans le transport à la fabrique sur les chariots, de ne jamais, en un mot, les laisser à l'air. De là enfin, les plaintes que soulève une saison chaude et sèche dans laquelle les betteraves, si bien soignées qu'elles soient, se conservent mal, et donnent une forte proportion de sucre de fruit déviant à gauche le rayon lumineux au polarimètre. Ces betteraves sont mises en silos après avoir perdu par l'action de l'air chaud une partie de leur eau et, en même temps, de leur qualité. Elles ont donc plus de tendance, par la suite, à s'altérer en masses.

On a souvent constaté, par des pesées exactes, cette rapidité avec laquelle les betteraves perdent leur eau, principalement pendant les journées où la chaleur et le vent agissent à la fois. Mes expériences personnelles ont confirmé ce que l'on savait déjà à cet égard. Aussi, est-il incontestable que le fabricant de sucre, dans les pays chauds, rencontre de beaucoup plus

sérieuses difficultés, surtout pour conserver les betteraves, que l'industriel du Nord aidé par des pluies fréquentes et disposant d'un climat plus favorable.

[La betterave perd son eau par évaporation à toute température; l'évaporation a été mise en évidence même pour les racines gelées. Il est à remarquer également que le phénomène ne cesse même pas quand on maintient la racine en vase hermétiquement clos: dans ces circonstances, après 101 jours, une betterave a perdu 0,52 de son poids primitif. Ces faits ont une importance capitale, parce qu'il est reconnu qu'une perte d'eau exagérée est presque aussi nuisible, au point de vue de la conservation dans les silos, qu'un excès d'humidité.

D'après le Comte Bobrinski, quand on prive la betterave d'une partie de son humidité normale, on arréte en elle la végétation, ce qui est un résultat avantageux; mais, au delà d'une certaine limite, on détruit complètement le principe vital, et les racines qui ont perdu la faculté de végéter sont toujours mauvaises à travailler. On doit donc, pour bien conserver les betteraves, ne pas perdre de vue ce double principe, qu'il faut affaiblir la force de végétation en desséchant la racine, mais sans atteindre la limite à la quelle cette force est à tout jamais détruite: il est essentiel, par suite, de fixer la limite que l'on ne doit pas dépasser.

Le Comte Bobrinski admet que la betterave qui a perdu 25 % de son poids normal ne peut plus végéter: à cet état, c'est une substance morte qui entre rapidement en décomposition. Si l'on met sous une cloche, dans l'air sec, deux betteraves dont l'une est à l'état normal, tandis que l'autre a perdu par désiccation 25 % de son poids, celle ci commence à se mourir dès le second jour, quand au contraire, au bout de plusieurs mois, la première ne présente encore nulle trace d'altération.

Déjà après avoir perdu 20 % de son poids primitif, d'après Witt, la betterave accuse une grande tendance à la moisissure et à la pourriture sèche; à une limite inférieure, après une perte en eau de 14 %, la betterave devient molle, et cette circonstance est déjà fâcheuse au point de vue de la conser-

vation, car dans les tas, la racine n'offre plus une résistance suffisante à l'écrasement, et les cellules, mises en rapport avec l'air, s'altèrent rapidement: c'est donc une dessiccation qu'il ne faut atteindre qu' à la dernière limite.

D'après ces données, et en raisonnant sur une durée de conservation de 150 jours au maximum, on peut admettre que la betterave ne doit pas perdre plus de 0,10 % de son humidité par 24 heures: ou, l'expérience prouve que c'est le but que l'on atteint en maintenant la température intérieure des silos à + 5 ° centigrades au moyen d'une ventilation convenable — il suffit dès lors de noter avec soin la température des silos, et de régler la ventilation d'après la marche des thermomètres.]

La terre, dont on recouvre les betteraves immédiatement après leur récolte, offre, par suite des propriétés hygroscopiques des racines, un moyen de leur conserver le taux d'humidité nécessaire. La terre peut en effet presque toujours céder à la betterave assez d'eau pour l'empêcher de faner.

Aussi, les praticiens ont-ils remarqué que les betteraves, en silos recouverts d'une terre compacte, se conservaient mieux que celles qui n'étaient protégées que par une couche sablonneuse, et beaucoup de cultivateurs ont l'habitude de jeter de la terre humide entre les betteraves qu'on entasse.

Plusieurs personnes m'ont assuré avoir fait l'expérience suivante qui offre un certain intérêt: on prend deux betteraves, l'une ayant déjà perdu 25 % de sa quantité normale d'eau, et par suite fanée, l'autre en bon état. Les deux racines sont mises chacune sous une cloche qui repose sur une assiette remplie d'eau à 15 ° et renferme par suite de l'air saturé d'humidité. Peu de jours après, la betterave primitivement fanée commence déjà à moisir, tandis que l'autre se conservera des mois entiers sans trace d'altération.

De ces observations, on peut déduire que la betterave, pour que sa conservation soit assurée, ne doit pas perdre plus de 10 % de sa quantité normale d'eau, et que l'altération se produit plus tôt dans le cas d'une proportion d'eau insuffisante que dans celui d'un degré d'humidité trop élevé.

En tout cas, c'est un fait incontestable que, dans tous les pays où l'on a un été généralement chaud et pas de pluies, on retrouve ce que l'on appelle la pourriture sèche des betteraves. Ce mal existe surtout là ou le cultivateur insouciant met ses récoltes trop tôt en silos, de sorte que les chaleurs de l'arrière-saison ont encore le temps d'échauffer fortement la surface des tas et de déterminer une élévation de température sensible dans les racines, ce qui se traduit le matin par la fumée qui s'élève des silos. Dans ces conditions, il serait certainement plus rationnel de retarder la mise en silos jusqu'à l'époque où les journées sont plus froides.

Ainsi, la dessiccation et la fanaison des betteraves sont dues, sans conteste, à l'action de l'air chaud et du vent. Mais, d'autre part, les mêmes agents concourent comme éléments nécessaires de la conservation. On peut donc se demander dans quelle mesure on doit régler leur action.

En Hongrie, et dans quelques parties de la Russie, on emménage les grains dans des trous creusés dans une terre argileuse compacte, et munis simplement d'un regard supérieur de petit diamètre, de sorte que presque toute la surface des parois est formée avec la terre. Une fois l'ouverture de ces silos fermée, le grain qu'on y loge se conserve sans altération, et on le retrouve l'année suivante en parfait état: les betteraves ne se conserveraient-elles pas tout aussi bien dans les mêmes conditions? Les expériences tentées dans ce sens paraissent avoir mal réussi: le jus des betteraves conservées de la sorte aurait une coloration très-grande, et ne donnerait que peu de sucre cristallisable. On en a conclu avec raison que l'air stagnant, emprisonné, exerce sur la racine une action nuisible, et qu'il faut ménager, autour des betteraves et dans l'intérieur du tas, une circulation d'air modérée qui fasse disparaître la chaleur de végétation produite par le travail des racines, qui enlève les gaz qui prennent naissance et l'humidité en excès.

[La nécessité du renouvellement de l'air dans les silos pour la bonne conservation des betteraves a été mise nettement en

évidence par M. Pasteur[1]. Dans le cours de ses travaux sur la fermentation, ce chimiste, étudiant la conservation des betteraves dans une atmosphère de gaz inerte, a observé que les racines placées dans une atmosphère d'acide carbonique ou d'azote sont rapidement atteintes de fermentation lactique et visqueuse. Une partie du sucre sert à alimenter le phénomène et disparait; ce qui reste devient incristallisable. Le jus altéré présente dans sa masse des levures organisées, lactiques et visqueuses, souvent aussi, les vibrions de la putréfaction et de la fermentation butyrique, qui n'ont pas besoin d'air pour vivre et se multiplier. Or, d'après M. Pasteur, les moisissures se développent dans les silos en absorbant l'oxygène de l'air, et en le remplaçant par de l'acide carbonique: les betteraves se trouvent dès lors dans un milieu favorable au développement des ferments signalés plus haut: il est donc de toute nécessité d'exercer dans les silos une ventilation convenable pour le renouvellement de l'air vicié.]

En se fondant sur cette théorie des avantages d'un courant d'air, on fut amené à ménager une ventilation artificielle dans l'intérieur de la masse; mais un excès d'air devait être tout aussi nuisible qu'une trop faible circulation. On a donc reconnu que la dessiccation naturelle des betteraves, en présence d'une couche assez mince de terre, était encore plus avantageuse que toute ventilation artificielle, et constituait, pour les racines, le moyen de conservation le plus convenable. Au commencement, alors que les betteraves dégagent le maximum de chaleur de végétation et le maximum d'humidité, il importe naturellement que le renouvellement de l'air soit plus actif que pendant l'hiver. On assure ce résultat en se bornant, jusqu'aux premiers froids, à ne couvrir les tas que très-légèrement, de façon à les protéger simplement contre le vent et le soleil. On peut également, comme à Magdebourg, disposer sur le dessus des tas, en deux ou trois endroits, et avant de les couvrir de terre, des treillis d'osier de façon qu'à ces places, le tas ne se trouve

1) Pasteur, Comptes rendus de l'académie.

recouvert que d'une couche de terre très-mince. C'est seulement au moment des froids qu'on augmente l'épaisseur de la couche protectrice de terre, et encore, cette couche permet-elle une circulation d'air parfaitement suffisante eu égard à la faible élévation de la température.

L'emploi de tubes en bois pour activer le courant d'air a souvent pour effet de faire geler les betteraves immédiatement en contact avec le conduit, et, au moment du dégel, de déterminer sur ces betteraves une décomposition qui se propage ensuite dans le tas tout entier. Aussi, doit-on éviter ces canaux, et vaut-il mieux se borner, comme nous l'avons dit, à recouvrir les tas d'une couche de terre mince au début, plus épaisse par la suite, qui assure la circulation de l'air, et préserve efficacement les racines contre le soleil ou la gelée. Il faut seulement avoir la précaution de ne pas mettre une couche trop épaisse immédiatement après la récolte, pour éviter que l'humidité intérieure, ne pouvant se dégager, ne se condense dans les parties plus froides de la masse, et, secondée par la chaleur, ne réveille dans les betteraves une activité vitale intempestive, en déterminant une formation de feuilles nouvelles, accidents qui seraient préjudiciables au plus haut degré.

Ce réveil fâcheux de la végétation est souvent amené par la lumière, principalement au printemps. Il est vrai qu'une betterave se travaille tout aussi bien en fabrique après qu'elle a poussé de nouvelles feuilles, mais, en réalité, cette végétation se fait aux dépens du sucre de la racine et surtout, au début, du sucre qui se trouve dans la tête de la racine.

Rien n'est plus nuisible pour des substances organiques susceptibles de fermenter, que leur contact avec des corps organiques en décomposition. Ces derniers agissent comme ferments, et transmettent la contagion à tout ce qui les entoure. Aussi, lorsqu'on veut conserver les betteraves, doit-on en écarter avec grand soin tout ce qui pourrait amener la putréfaction: ainsi, les feuilles de betteraves, matière qui se décompose très-vite; les racines endommagées, dont le jus se corrompt très-rapidement sous l'action de l'air, et devient un ferment.

On devrait également éviter comme couverture l'emploi de la paille exposée à pourrir, en partie par suite de l'humidité qui se dégage de l'intérieur des tas, en partie par suite de l'action des pluies; très-souvent, lorsqu'on emploie ainsi la paille, on trouve que les premiers rangs de betteraves en contact avec elle se sont complètement altérés.

La qualité des betteraves, la composition de leur jus, exercent sur la faculté qu'elles ont de se conserver une influence capitale. Les betteraves petites, riches en sucre, s'altèrent bien moins que les racines grosses et peu chargées de sucre, mais plus riches en matières azotées que les autres. Ce sont effectivement ces principes azotés qui agissent toujours pour provoquer la décomposition. C'est ce qui explique encore pourquoi les betteraves venues sur des terres fortement fumées se conservent si mal. Si l'on avait un moyen de rendre inertes ces principes dans les racines même, la conservation de celles-ci n'offrirait aucune difficulté. On a proposé dans ce but l'emploi de l'acide sulfureux, mais je ne sache pas que ce procédé de soufrage des betteraves ait jamais passé dans la pratique.

Au lieu d'employer le soufre sur les racines, Maumené a proposé de conserver le jus brut avec de la chaux. Cette matière détruit en effet, même à froid, les principes azotés; il est facile de le constater par le dégagement d'ammoniaque qui se produit et qu'on rend sensible par l'approche d'une baguette de verre imprégnée d'acide chlorhydrique. Il faut ajouter une proportion de chaux variable de 1 à 5% suivant la quantité de matières azotées que renferment les betteraves: plus on ajoute de chaux, moins le jus est exposé à s'altérer. On peut ainsi, avec une dose de chaux convenable, conserver le jus parfaitement sain pendant 12 à 15 mois, et l'on pourrait par suite, avec ce procédé, travailler toute l'année une matière première toujours bonne, et s'améliorant même avec le temps. Malheureusement, le prix des réservoirs qui seraient nécessaires pour contenir une aussi grande quantité de jus, la difficulté de séparer ce jus des dépôts calcaires volumineux qui se forment, sont des conditions qui rendent pratiquement impossible cette méthode.

Quoi qu'il en soit, la possibilité de conserver le jus par la chaux est un fait intéressant et instructif, bien que son application en grand et à longue échéance ne puisse être réalisée.

Jusqu'ici, en étudiant les conditions nécessaires pour la bonne conservation des betteraves, nous avons toujours eu en vue la plante encore vivante, et tous nos efforts ont tendu à maintenir cette vitalité, comme le moyen le plus simple de conservation tant de la plante elle-même que du sucre; nous avons cherché à éloigner par suite toutes les influences nuisibles à la vie végétale.

Dans le procédé de conservation des betteraves à l'état complètement desséché, on cherche à atteindre le même but, la conservation du sucre, par une voie diamétralement opposée, en détruisant toute force de végétation. Effectivement, la dessiccation, l'enlèvement de l'eau végétale de la racine, détruisent en partie les matières azotées, et, en tout cas, leur font perdre leurs propriétés fermentescibles. Le procédé serait donc excellent si la dessiccation pouvait se faire en grand avec une perfection théorique, si, en réalité, l'enlèvement de l'eau n'était pas toujours accompagné d'une destruction assez notable de sucre, si enfin la dépense n'était pas aussi forte. — Mais il faut que le travail de dessiccation dure jusqu'en Décembre, si l'on ne veut pas être entrainé dans des installations trop coûteuses. Il faut donc encore, pendant la première moitié de la campagne, mettre les racines en silos, quoique moins soigneusement que dans l'autre cas; en réalité, et tout compris, les frais d'une mise en silos soignée pour toute la récolte ne s'élèveraient pas beaucoup plus haut. D'autre part, la division des betteraves en cossettes déchire un grand nombre de cellules, dont le jus reste exposé à l'action de l'air pendant toute la durée de la dessiccation, jusqu'au moment où le taux d'humidité est assez réduit. Cette altération du jus a pour effet naturel de détruire une notable proportion du sucre. Enfin, les frais des dessiccation eux-mêmes sont loin d'être insignifiants. Nous verrons plus loin que, avec ce que coûte la dessiccation, on pourrait mettre en silos, râper et presser la même quantité de

betteraves. Et encore, moyennant ce prix élevé, on n'a jamais une matière première de qualité supérieure et à l'abri d'altérations ultérieures. Les cossettes desséchées sont très-hygroscopiques; elles attirent l'eau peu à peu, et en absorbent une plus ou moins forte proportion. A ce moment, la destruction du sucre recommence de nouveau, quoiqu'elle soit moins active que dans les cossettes fraiches. Si l'on voulait éviter l'altération d'une manière absolue, il faudrait conserver les cossettes dans des récipients hermétiquement clos dont les joints seraient lutés par exemple. On voit dès-lors que la conservation des betteraves sèches est encore un problème qui n'est pas exempt de difficultés.

Des expériences intéressantes avaient été entreprises en Amérique, dans le même sens, sur la demande du congrès, pour examiner si la canne ne pourrait pas être avantageusement desséchée dans les pays producteurs, pour être ensuite expédiée en Europe, où elle serait l'objet d'un travail rationnel. Le résultat final de ces essais, suivis avec une précision scientifique, fut purement négatif. La conclusion fut que la canne desséchée restait exposée à des altérations de toute sorte, se piquait aux vers, que l'idée émise n'était susceptible d'aucune réalisation pratique. Or, le jus de la canne est une dissolution de sucre presque chimiquement pur, avec quelques traces seulement de matières azotées et de sels. Si donc sa conservation par la dessiccation offre des difficultés aussi sérieuses, on comprend sans peine les obstacles que l'on doit rencontrer pour soumettre au même traitement la betterave, dont le jus offre une composition si variable. Du reste, il résulte des recherches de Frémy et de Boutron que, même dans les betteraves desséchées, une transformation lente s'opère aux dépens du sucre pour donner naissance à de l'acide lactique (Knapp).

En présence de ces difficultés presque insurmontables, on voit que la faculté de travailler toute l'année avec des betteraves desséchées ne saurait présenter un avantage suffisant pour l'adoption du procédé de Schutzenbach.

La conservation des betteraves fraiches reste donc comme le procédé le plus pratique, et nous devons dès lors étudier cette question plus à fond, en décrivant les méthodes les plus usitées.

La betterave est, comme nous le savons, une plante bisannuelle. A l'état sauvage, elle passe l'hiver dans la terre, tout en restant susceptible d'une nouvelle végétation à la saison suivante. On fut donc naturellement conduit à se demander si la racine cultivée ne pourrait pas également se conserver dans le sol même où elle s'est développée, sauf à la protéger encore contre le froid en la recouvrant d'une couche de terre. Dans l'hiver de 1803—1804, Achard, partant de cette idée, fit enlever les feuilles sans retirer les betteraves du sol. A l'aide d'une charrue passant entre les lignes, il fit recouvrir les racines d'une couche de terre uniforme de 12 à 15 centimètres d'épaisseur. L'expérience prouva que cette couche ne suffisait pas pour garantir les racines du froid, car, au printemps suivant, toutes les betteraves ne présentaient plus qu'une masse pulpeuse et sans consistance.

Dans la méthode actuelle et universellement appliquée, on enterre complètement les betteraves en les entassant dans de grandes fosses ou silos que l'on peut aménager à peu de frais. Si les silos se font sur les champs eux-mêmes, on doit les établir sur le bord du champ ou au point le plus rapproché du chemin, pour rendre les charrois moins pénibles et moins coûteux surtout dans les hivers pluvieux.

L'établissement des silos à proximité de la fabrique permet des transports faciles et assurés par tous les temps, et garantit ainsi contre tout chômage de l'usine ou toute irrégularité dans son approvisionnement. D'autre part, ce voisinage permet de contrôler chaque jour l'état des betteraves, la température des silos, et de mettre immédiatement en œuvre les parties qui commencent à souffrir. Le seul inconvénient de ce système est que le transport d'une grande quantité de betteraves dans un délai assez court exige à un moment donné un grand nombre d'attelages, mais il n'en constitue pas moins un mode avantageux

pour les usines dont les routes sont impraticables l'hiver et qui peuvent ainsi s'approvisionner à l'avance pour la plus notable partie de leurs besoins.

Quant aux petites fabriques, elles laissent, comme on le fait souvent à Magdebourg, la totalité de leurs betteraves, ou au moins la majeure partie, dans les champs, et on les amène à l'usine suivant les besoins de la fabrication. On procède de même dans les fabriques par actions où chaque actionnaire conserve ses betteraves dans son champ et y ménage des silos souvent à très-grande distance de l'usine. Dans ces conditions, le cultivateur, intéressé à ne livrer que des produits parfaitement sains, apporte à la disposition et à la surveillance de ses silos les soins les plus minutieux.

Les tas de betteraves dans les champs peuvent être entièrement hors du sol, et il est nécessaire d'agir ainsi dans les terres où l'eau peut séjourner facilement. Plus habituellement, on choisit un endroit élevé et on y ménage une fosse. Les excavations doivent avoir au plus 60 centim. de profondeur, de façon à fournir simplement la terre nécessaire pour recouvrir les tas. Leur largeur ne doit pas dépasser 1^m ou $1^m,20$. De la sorte, on n'a pas à craindre les effets d'une accumulation de betteraves trop grande, et l'expérience a prouvé que ces dimensions assuraient la proportion la plus convenable entre le volume du tas et sa surface. Quant à la longueur de ces silos, elle n'a d'autre limite que les conditions locales, et, en l'augmentant autant que possible, on rend plus faciles et le contrôle et les charrois. Si l'on tient à se mettre entièrement à l'abri des influences nuisibles qui se propagent parfois dans des silos de grande longueur, on peut, de distance en distance, laisser des séparations ou murs en terre, de manière à diviser les tas par masses partielles. — Les fosses sont remplies de betteraves sur une hauteur de $0^m,60$ environ. A partir de ce niveau, on commence à disposer les racines régulièrement, de façon à mettre les têtes en dehors et le long des grands côtés de la fosse. On veille d'ailleurs à ce que le tas soit formé d'assises horizontales. Chacune des assises est établie un peu en retraite

de la précédente, de telle sorte que les surfaces extérieures du tas se présentent sous forme de plans inclinés qui se rencontrent au sommet. Cette disposition assure l'écoulement rapide des eaux de pluie, et rend plus facile l'établissement de la couverture en terre. Du reste, on se contente de disposer régulièrement les betteraves qui forment la paroi extérieure; dans l'intérieur, on se borne à jeter les racines pêlemêle et sans ordre.

Les deux extrémités du silo sont également terminées par des parois inclinées et on a généralement soin de diriger la tranchée du Nord au Sud. De cette façon, la longueur du tas, et par suite la presque totalité des betteraves, sont préservées de la manière la plus simple et la plus efficace contre l'influence des vents trop froids du Nord ou du soleil du Midi. On recouvre immédiatement le tas de 15 centimètres environ de terre. Il en résulte qu'au début les racines sont presque au contact de l'air. Lorsque les froids commencent à se faire sentir, on augmente l'épaisseur de la couche protectrice jusqu'à $0^{m},30$, et enfin, pendant la saison rigoureuse, on jette de nouvelle terre sur les racines, de manière à donner au revêtement une épaisseur de 60 ou 80 centimètres.

Si l'on a eu soin de ne pas augmenter trop tôt l'épaisseur de la terre, si cette opération a été faite au moment voulu, la méthode de mise en silos que nous venons d'exposer donne toujours de bons résultats. La température dans l'intérieur de la terre est en effet soumise à des oscillations beaucoup moindres que la température de l'air, et elle se maintient ainsi entre des limites normales dans les silos, les betteraves se trouvant protégées tant par les parois de la fosse que par la terre qui les recouvre. Ce mode de conservation des racines se recommande d'ailleurs par la faible dépense qu'exige son installation.

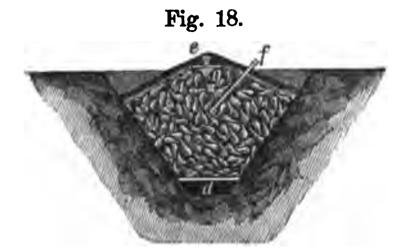
Dans certains pays, on établit les silos moins profondément dans le sol. On a donc à disposer régulièrement pour former les parois inclinées une plus grande proportion de racines, et il faut, pour les recouvrir, emprunter de la terre aux parties voisines du champ. Dans ces conditions, ce que l'on économise en frais de fouille se trouve compensé par la

main-d'œuvre plus coûteuse qu'exige l'arrangement des betteraves, par la difficulté plus grande de les recouvrir de terre. Aussi, cette méthode me parait-elle, d'une manière générale, moins avantageuse que la précédente.

Dans les silos, un mètre cube contient de 550 à 750 kilog. de betteraves. Le mètre courant de silos contient donc environ de 440 à 600 kilogrammes.

Les silos de forme rectangulaire sont notablement plus avantageux que les silos circulaires: leur installation exige moins de dépense, et le rapport entre leur surface et leur volume est plus favorable que dans les autres.

Fig. 18.



Dans la Russie méridionale, la fabrique du Comte Bobrinsky fait usage, pour conserver les betteraves, d'un mode de silos tout différent, et dont la figure 18 donne la représentation. Les betteraves sont disposées complètement au dessous du sol dans un canal creusé avec des talus assez rapides. A $0^m,40$ du fond, se trouve un plancher à claire-voie formé de rondins, sur lequel on entasse les betteraves jusqu'à quelques centimètres au dessous du niveau du sol extérieur. A la partie supérieure, et suivant la ligne du milieu, on dispose un tasseau ou pièce triangulaire *g* destiné à isoler le tas de la couverture et à augmenter la surface d'évaporation. Enfin, on recouvre le tout avec un toit *e* de paille et de terre fine dont on fait varier l'épaisseur suivant les indications d'un thermomètre *f* placé au milieu des racines. Entre le fond du silo et le faux plancher, il reste un espace libre qu'on met en communication avec deux canaux verticaux ménagés le long des parois, de façon à opérer sous les betteraves une sorte de ventilation. On peut ainsi, la nuit, faire arriver dans le silo l'air froid, et, pendant le jour, en bouchant les orifices, empêcher l'accès de la chaleur.

Siegert conseille d'ensiloter les betteraves au dessus de la terre; il établit ses dépôts sur $1^m,20$ de haut seulement, et 2^m

de large. Les tas prismatiques ainsi obtenus sont recouverts de 50 centimètres de terre, mais tous les quatre mètres on ménage une ouverture de $0^{m},35$ de large sur toute la hauteur, pour faciliter le refroidissement des betteraves. Ces canaux sont inclinés des deux côtés de façon à laisser alternativement à droite et à gauche des silos des orifices très-larges. On détermine ainsi une ventilation qui remplit les conditions indiquées précédemment comme nécessaires à la bonne conservation des racines. D'ailleurs, le thermomètre est encore là l'instrument essentiel de contrôle: c'est lui que l'on doit consulter pour juger du moment, aussi tardif que possible, où l'on doit fermer les orifices qui règlent l'appel d'air. Cette méthode se rapproche beaucoup de la méthode généralement adoptée en France. Les tas de betteraves sont disposés sur une aire parfaitement sèche et permettant l'écoulement facile des eaux; ils sont recouverts de terre sur les côtés seulement; la partie supérieure est protégée contre le froid et la chaleur par une couche de paille qui ne s'oppose pas à la circulation de l'air entre les racines.

Enfin, en Russie, on emploie souvent pour conserver les betteraves de véritables celliers dont la figure 19 représente une coupe. La construction comprend deux étages et est recouverte d'une couche de terre. Chacun des étages est muni d'un plancher fait avec des claies tressées ou des planches à jour, et on y dépose les betteraves sur une hauteur de 1 mètre. Latéralement sont ménagés des canaux pour la ventilation, et des ouvertures pratiquées dans le toit permettent à l'air échauffé de s'échapper.

Les frais d'installation de ces celliers sont un peu élevés, mais, en revanche, la dépense en main-d'œuvre pour les betteraves y est très-restreinte, car on se contente de jeter les racines sur le plancher sans avoir à les recouvrir ensuite. D'autre part, la disposition de ces bâtiments permet de contrôler l'état des racines tant par l'inspection du thermomètre que par l'examen direct de la masse. La manutention des betteraves s'y effectue très-facilement même par les temps de neige, et les racines s'y conservent très-bien.

Au lieu de recourir à l'usage des silos creusés dans la terre, on a proposé de placer les betteraves dans du poussier de charbon dont on connait les propriétés conservatrices. Les essais faits sur des pommes de terre paraissent avoir donné de

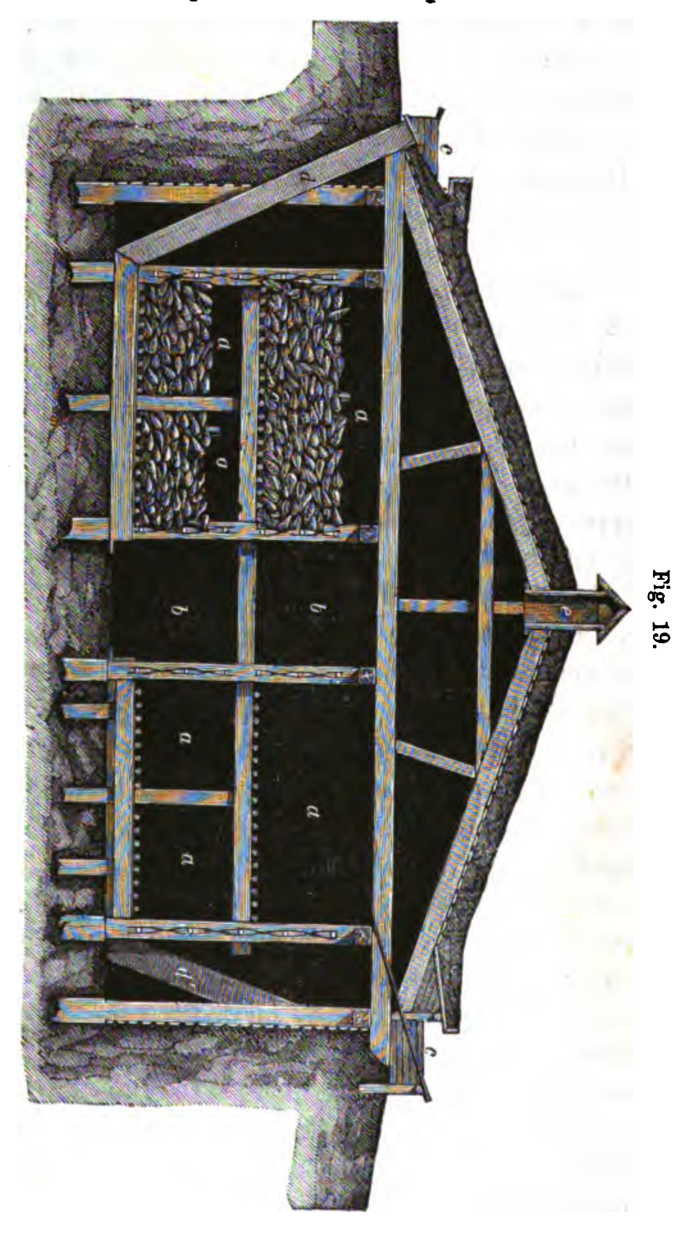


Fig. 19.

bons résultats, mais le prix élevé du charbon s'oppose à ce que ce procédé de conservation soit applicable à de grandes quantités. On a également préconisé les cendres provenant des grilles de chaudières, sans que l'usage s'en soit répandu.

Quelle que soit la méthode de conservation que l'on ait choisie, le point essentiel est de n'arracher les betteraves et de ne les mettre en silos que très-tard, et pas avant le mois d'Octobre, autant que possible. C'est en effet un résultat universellement constaté que les betteraves arrachées tardivement se conservent mieux que celles récoltées en Septembre. Ce fait est d'ailleurs facile à expliquer, depuis qu'on sait que le taux °/₀ de sucre de la betterave s'accroit surtout à la fin de la végétation. Or, à mesure qu'il renferme plus de sucre, le jus perd une partie des principes azotés et se conserve mieux. D'autre part, avec une récolte tardive, la température de l'air au moment de l'arrachage est assez basse, et c'est une condition avantageuse pour les betteraves.

On se dispense de mettre en silos les betteraves que l'on veut employer au début de la campagne jusqu'au 15 Novembre environ. On se borne à les disposer en tas de 1 mètre de large et 1 mètre de haut en forme de pyramides. Ces réserves, qui se font dans les cours mêmes de la fabrique et sur lesquelles on prélève au fur et à mesure des besoins, sont simplement recouvertes de paille. De la sorte, on économise les frais de mise en silos sur les mises en œuvre de un mois et demi, c'est-à-dire le tiers, et souvent la moitié de la quantité totale de betteraves que l'usine doit travailler.

Chapitre IX.

Transport des betteraves. — Transport souterrain des jus.[1]

[La faveur qui s'attache, depuis quelques années, aux fabriques outillées de façon à mettre en œuvre des quantités

1) Rapport de M. Maure. — Journal des fabric. de sucre. — Sucrerie indigène.

de betteraves de plus en plus considérables, s'explique suffisamment par la loi d'après la quelle, dans toute industrie, les frais de fabrication et les frais généraux, les dépenses même de premier établissement, n'augmentent pas proportionnellement à l'importance donné aux usines. En effet, les frais généraux, toujours considérables dans les sucreries, sont en quelque sorte constants, et ne varient que peu avec le développement de l'exploitation: quant aux frais de fabrication, ramenés aux mille kilogrammes de betteraves travaillées, ils sont grevés d'un intérêt et d'un amortissement bien plus considérables dans la petite usine que dans la grande. Mais, dès les premiers pas faits dans cette voie, les fabricants de sucre se trouvèrent aux prises avec les difficultés, toujours croissantes, des transports qui menaçaient d'absorber dans des frais exorbitants la plus forte part des bénéfices que l'on recherchait dans l'extension du rayon d'approvisionnement.

Pour une alimentation de trente à quarante millions de kilogrammes de betteraves, il faut se placer au centre d'une culture de six à huit mille hectares, et sur une telle étendue de terrain, il est bien rare que l'emplacement de l'usine puisse réunir les conditions essentielles d'une bonne exploitation, à savoir: être près des canaux ou chemins de fer, et être situé, par rapport aux bascules et aux dépôts, de manière à assurer pour les betteraves le minimum de transport.

Aussi, bien des inventeurs se sont-ils mis en quête des moyens propres à développer les transports, tout en les rendant et plus faciles, et moins coûteux. Les tentatives faites dans ce sens sont de deux sortes: d'une part, c'est la betterave elle même que l'on transporte à l'usine; d'autre part, la racine est râpée en dehors de l'usine, et c'est le jus seul que l'on y envoie.

I. Le transport des betteraves jusqu'à l'usine peut s'opérer, avec rapidité et en proportion considérable, de deux façons bien distinctes: par chemin de fer, ou par câble.

Dans la première catégorie, nous citerons les essais tentés avec les locomotives routières: ces machines, qui sont d'un utile

secours dans la belle saison, quand les chemins, secs et solides, peuvent supporter des charges considérables sans que le macadain ait à en souffrir, ont du être abandonnées rapidement pour les transports de betteraves qui se font toujours alors que les chemins offrent peu de solidité, et que par suite la faible adhérence des roues diminue considérablement la puissance de traction.

Dans le même ordre d'idées, on a essayé les wagons locomoteurs de Monsieur Corbin, dans lesquels le remorquage est remplacé par la force de translation, chacun des véhicules portant en lui les éléments de son mouvement, et utilisant sa propre force d'adhérence. Mais, là encore, les difficultés d'entretien du matériel et le rapide défoncement des routes furent des obstacles qui empêchèrent le système de passer dans la pratique. M. Corbin, d'ailleurs, abandonna bientôt sa première idee pour une autre qui eut plus des succès.

Le "porteur universel" repose sur des rails volants d'une grande légèreté permettant de constituer et de déplacer rapidement une voie en raison des besoins. Les travées, qui sont en bois, ont $5^{m},30$ de long, et ne pèsent que 20 kilog. environ: elles peuvent être facilement reliées entre elles par des clavettes; la partie qui doit porter les roues est garnie en fer. La charge est répartie dans des corbeilles ou des bacholes que l'on pose sur des plates-formes roulantes s'agrafaut les unes aux autres comme des wagonnets. Ces plates-formes ont deux roues seulement, sauf la première du train qui en a nécessairement quatre; la charge par plate-forme peut être de 100^{k}. Sur terrain plat, un cheval tire 10,000 kilog. utiles: un homme seul traîne aisément 1500 kilog.; dans ce cas, on met 50 kilog. seulement dans les corbeilles. La facilité avec laquelle la voie peut se démonter et se poser rapidement sans exiger aucune préparation du sol, la modicité de la dépense de premier établissement rendent ce système avantageux dans certaines conditions locales, bien qu'il nécessite un entretien de matériel coûteux. On conçoit d'ailleurs que le porteur universel ne saurait s'appliquer avantageusement aux distances considérables.

Nous parlerons, pour mémoire seulement, des chemins de fer à voie étroite. C'est une grosse dépense qui a pu être profitable dans quelques cas tout particuliers; mais, en somme, l'exemple de M. Molinos ne paraît pas avoir entraîné les fabricants de sucre à l'imitation du chemin de fer de Tavaux. Toutefois, les voies ferrées sont employées avec avantage en Belgique, mais on y remplace la vapeur par la traction des chevaux.

Les transports aérieus par câbles métalliques paraissent avoir eu plus de succès; les différents systèmes préconisés reposent sur deux principes distincts: la traction peut résulter du mouvement d'un câble sans fin entraînant des bennes fixes, ou bien, le câble étant fixe, les bennes mobiles sollicitées par une faible pente glissent dessus, comme sur un rail, en vertu de leur propre pesanteür. Le câble Hodgson est du premier genre: il a été récemment l'objet d'importantes applications aux transports des matières à grande distance. C'est un câble métallique sans fin, tendu sur deux roues à gorges horizontales et tournant sur un axe vertical fixe. Dans son parcours, qui peut atteindre 6 ou 7 kilomètres, il est soutenu, tous les 60 ou 80 mètres par des chevalets solidement établis, et dont le bâtis supporte des poulies à gorge sur lesquelles le câble glisse aisément: ces roues sont mobiles sur un axe horizontal, il y en a deux par chevalet, une pour l'aller, l'autre pour le retour. Le câble est mis en mouvement par l'une des grandes roues horizontales qui forme rouet à sa partie inférieure: cette roue est actionnée par un pignon mu soit par une locomobile, soit par une machine fixe qui peut prendre sa vapeur directement à l'usine. Les bennes sont entraînées en vertu de leur adhérence au câble; en vue d'augmenter cette adhérence du câble aux poulies, et du câble aux bennes, le câble est goudronné, les gorges des poulies sont doublées en bois, et les bennes reposent sur le câble par une chape en bois également. Les bennes consistent en demi-cylindres en tôle d'une capacité d'un demi-hectolitre, et peuvent porter 50 kilog. utiles. Les demi-cylindres sont reliés à la chape par deux tiges courbées de façon à éviter

les poulies au passage des chevalets, sans que le centre de gravité de la charge cesse, pour cela, d'être maintenu dans le plan vertical qui passe par le câble; ils sont montés de manière à pouvoir faire autour d'un axe horizontal un mouvement complet de bascule, ce qui facilite le déchargement. Les chapes sont de plus munies de roulettes placées latéralement. Comme le mouvement du câble est continu, il faut, pour charger et vider les bennes, pouvoir les soustraire momentanément au mouvement général de traction: aussi, sur les estrades d'arrivée et de départ, on a installé un rail d'évitement, tangent à la courbe que décrit le câble sur la grande roue, sur lequel s'engagent les roulettes des bennes qui continuent à rouler en vertu de la vitesse acquise. Après le chargement ou le déchargement, elles sont reconduites à la main jusqu'à ce que, les roulettes quittant le rail d'évitement, la chape grippe de nouveau sur le câble. Au passage des chevalets, la benne est prise par la poulie à laquelle le câble transmet son mouvement, ainsi enlevée, elle franchit l'obstacle et se trouve reposée de l'autre côté sur le câble. Le transport d'un câble est limité en moyenne à 100,000 kilog. par 12 heures de travail, quelle que soit d'ailleurs la distance: l'envoi des bennes doit être seulement réglé de façon à ce qu'il n'en passe jamais qu'une à la fois entre deux chevalets consécutifs. Une sonnerie électrique relie les postes extrèmes: elle prévient des accidents et donne les signaux d'arrêt et de mise en route. Bien que le prix d'installation du câble Hodgson soit maintenu trop haut, son application à des distances un peu longues parait donner de bons résultats.

M. Provins a résolu d'une manière inverse le problème des transports par câbles. Son câble est fixe, et constitue ainsi une sorte de rail aérien sur lequel les bennes roulent en vertu d'une pente de $0^{m},025$ par mètre courant ménagée à dessein. Les paniers sont, au départ, montés sur le câble avec un treuil, et une fois la poulie, à laquelle ils sont accrochés, engagée sur le câble, ils roulent d'eux mêmes. Sur son parcours, le câble est soutenu par places à l'aide de potences. Le passage

des paniers aux points d'appui était assez difficile; le câble, quoique bien tendu, pliait toujours dans l'intervalle des deux potences; il y avait alors un plan incliné à remonter, et la vitesse acquise du panier n'était pas toujours suffisante. Mr. Provins a eu l'idée, certainement ingénieuse, de rendre le levier de la potence mobile: il est maintenu par un contre-poids qui le laisse s'abaisser au passage du panier et le relève aussitôt après. Le retour des paniers vides se fait sur un second câble incliné en sens inverse. Les potences montées sur griffes se prêtent à des changements d'installation très-rapides. Ce système peut être avantageux pour des distances très-faibles, pour amener par exemple les betteraves des silos au lavoir: c'est l'usage qui en a été fait en général; dans ce cas, on peut disposer le câble de façon à supprimer l'élévateur. Les frais de premier établissement ne sont pas considérables, et mettent l'emploi de ce moyen de transport à la portée des plus petites usines.

II. Venons maintenant à l'idée de M. Linard, au transport souterrain de jus sucrés. Ici, le travail de la sucrerie est divisé en deux parties bien distinctes: d'un côté, la production du jus dans les râperies, de l'autre, l'extraction du sucre dans les usines centrales auxquelles les râperies sont reliées par un réseau de tuyauterie. Dès maintenant, nous pouvons faire ressortir un des avantages de ce système: il permet de placer les râperies au plein centre de culture, de façon à rendre facile l'approvisionnement des betteraves, il supprime les transports onéreux, et laisse sur place la pulpe qui sert à l'alimentation et à l'engraissement des animaux de ferme, tandis que l'usine centrale pourra être installée près des gares de chemin de fer ou des canaux qui lui assureront des approvisionnements faciles en charbon, pierre etc. et l'expédition facile également de ses sucres.

La râperie, c'est-à-dire l'atelier de râpage de la betterave et de production du jus, peut-être située à des distances de l'usine centrale très-variables, mais qui ne doivent pas descendre au-dessous de 6 kilomètres; le maximum ne saurait-être déter-

miné que par la pratique: on a déjà dépassé 25 kilomètres sans inconvénients. Quand une conduite atteint ces proportions, il est évident que, pour que la dépense reste en rapport avec les avantages qu'elle assure, il faut que la conduite récolte sur son passage le pas de plusieurs ateliers: une proportion de 8 à 10 kilomètres de conduite par râperies semble être la combinaison la plus avantageuse, chaque râperie devant travailler en moyenne 8 à 10 millions de kilogrammes de betteraves.

Les tuyaux sont en fonte, de 65 à 120$^{m}/_{m}$ de diamètre suivant la quantité de jus à débiter, et, surtout, suivant le profil et la longueur de la conduite; ils sont moulés mécaniquement, et coulés debout, ce qui assure la régularité de l'épaisseur. Le plus grand soin doit présider à leur confection; ils doivent, avoir été essayés à 15 atmosphères. Les tuyaux, de 3 mètres de long, s'emboîtent les uns dans les autres; les joints sont constitués par une corde goudronnée, et on les rend parfaitement étanches en y coulant du plomb fondu que l'on mette ensuite avec soin. Avant la pose, les tuyaux sont goudronnés extérieurement et intérieurement sur une assez forte couche. Pour la pose de la conduite, on suit en général le bas côté des routes; la profondeur à la quelle les tuyaux doivent être placés est de 80 centimètres: l'expérience a montré qu'à cette profondeur on n'a nullement à craindre la gelée. On doit avoir soin d'essayer la conduite pendant plusieurs jours à ciel ouvert, avec de l'eau: les joints qui suintent sont remattés de nouveau. Nous n'avons pas besoin d'insister sur la nécessité d'avoir une conduite en excellente fonte et à joints parfaitement étanches.

Les ruptures de tuyaux sont peu à craindre, en raison de la faible vitesse du jus qui est maintenue à 30 centimètres par seconde; d'ailleurs, des robinets d'air placés aux points les plus élevés de la conduite évitent les coups de bélier. En outre, quand la conduite est très-longue, pour moins fatiguer les tuyaux, on peut scinder l'opération en deux; les jus, amenés d'abord dans une citerne installée à une râperie intermédiaire y sont ensuite repris par une nouvelle pompe et réfoulés de nouveau jusqu'à l'usine.

La conduite, d'un diamètre moyen de 10 centimètres, frais de terrassement, transports, joints et pose compris, coûte de 6 à 7 mille francs le kilomètre courant.

La râperie comporte tout ce qui est nécessaire à l'extraction du jus de la betterave: le jus produit est repris en outre par une pompe à plongeur et à piston plein qui le refoule dans le tuyau. La pression nécessaire pour le refoulement est en général de 6 à 7 atmosphères.

Pour prévenir toute altération des jus dans ce long parcours, il est nécessaire qu'ils soient chaulés: aussi le jus, au sortir des presses, se rend-il dans un bac où il est jaugé, pris en charge, et où il reçoit la quantité de chaux indiquée par M. Maumené, soit 5%, en volume, d'un lait de chaux d'une densité normale de 23° Baumé. De plus, pour éviter les dépôts et engorgements dans la conduite, il est nécessaire de dépouiller complètement les jus des matières qu'ils peuvent tenir en suspension; on a obtenu d'excellents résultats en filtrant le jus d'abord au travers d'un tamiseur métallique, puis sur de la paille hachée, et en ménageant enfin, au réservoir d'air placé à la sortie de la pompe de refoulement, un vase de sûreté, sorte de débourbeur dans lequel l'interruption du courant détermine le dépôt de toutes les matières en suspension. Avec ces précautions, il n'y a aucun engorgement à redouter: nous avons vu couper une conduite de plus de 20 kilomètres qui fonctionnait depuis quatre ans, et le tuyau laissait encore voir à l'intérieur la couche goudronneuse dont il avait été enduit.

Toute la force motrice de la râperie peut être donnée soit par une machine fixe et un générateur, soit par une puissante locomobile.

Grâce à la quantité de chaux qu'il a reçue au départ, le jus arrive à l'usine centrale en parfait état de conservation: on a même cru remarquer que, par suite de se contact prolongé avec la chaux sous une forte pression, les jus venant des râperies se travaillaient sensiblement mieux, que les jus produits à l'usine centrale même. En arrivant à l'usine, le jus est de nouveau jaugé et pris en charge: la comparaison

des cahiers de la régie permet de voir que le jus parti des râperies se retrouve intégralement à l'arrivée; on lui ajoute alors le complément de la quantité de chaux qu'il doit contenir avant de passer à la carbonatation, et dès lors il est confondu dans le travail avec le jus extrait sur place.

Il n'est pas inutile d'insister sur la nécessité d'entretenir la plus grande propreté dans le réseau de tuyauterie: après chaque arrêt, comme avant toute mise en route, on doit y refouler de l'eau pure pendant au moins vingt-quatre heures. Le règlement des petites eaux s'établit comme pour les filtres.

En cas d'encombrennent, l'usine centrale doit pouvoir disposer d'un réservoir ou d'une citerne dont la capacité est fonction de l'importance des râperies. Il est d'ailleurs utile de relier les râperies à l'usine par un télégraphe: l'administration a réglé les formalités à remplis dans ces circonstances.

Une râperie, avec matériel, terrain, bâtisse etc., pouvant travailler 15 millions de kilogrammes de betteraves coûte de 110 à 120 mille francs.

On avait craint de voir augmenter par le système des râperies la consommation de charbon, parce qu'on n'y avait pas l'utilisation des vapeurs d'étendues qui dans une usine alimentent le triple-effet; pour ne pas perdre ces vapeurs dans les râperies, on a adapté à l'échappement des machines un condenseur par surface qui alimente les générateurs tubulaires. Les générateurs tubulaires avec machine superposée fonctionnent aussi dans des conditions satisfaisantes au point de vue de la dépense en charbon.

Le système des râperies dont les premiers essais ont été faits à Montcornet en 1867 a reçu depuis une grande extension: le nombre des usines centrales fonctionnant tant en France qu'en Belgique est dès maintenant considérable: plus de mille kilomètres de tuyaux ont été déjà posés. Le transport souterrain des jus ne constitue certainement pas le seul moyen d'approvisionner une usine, mais, dans certaines conditions locales, c'est de beaucoup le plus avantageux, et c'est le seul qui permette de chercher d'une façon pratique l'abaissement du

prix de revient dans une production ayant pour base 100 à 150 millions de kilogrammes de betteraves.

Nous terminerons en citant les conclusions du rapport fait en 1870 par M. Payen à la société centrale d'agriculture: "la possibilité d'aller travailler la betterave dans les grands centres de culture, de laisser près des râperies, dans les exploitations rurales, les résidus de pulpe à proximité des étables et des bergeries où l'on élève et où l'on engraisse les animaux; la possibilité d'établir de grandes sucreries près des canaux, des fleuves, des voies ferrées, là où le combustible, la pierre à chaux, le noir animal, le matériel arrivent plus facilement et supportent moins de frais de transports, où l'expédition des produits manufacturés est également plus avantageuse; la réalisation d'une économie notable par la substitution du parcours des jus dans des canalisations souterraines aux charrois longs et coûteux par de lourds véhicules, évitant ainsi les dispendieuses réparations de routes; de si heureux résultats constituent de véritables services rendus à la grande industrie agricole et manufacturière de la sucrerie indigène"].

Livre II.

EXTRACTION DES JUS.

Chapitre I.

Lavage des betteraves.

La betterave retient toujours plus ou moins de terre suivant la nature du sol dans lequel elle s'est développée, suivant son taux d'humidité au moment de la récolte, suivant la forme plus ou moins contournée de la racine.

Pour la fabrication du sucre, la présence de cette terre aurait d'abord l'inconvenient assez grave d'entraîner l'usure rapide ou la destruction des dents de la râpe et de forcer à des remplacements plus fréquents des lames. D'autre part, les résidus de la fabrication et les parties retranchées, comme les têtes, seraient, si ces matières étaient souillées de terre, moins facilement acceptés par le bétail; leur valeur se trouverait donc notablement réduite. Pour éviter ces divers inconvénients, on est dans l'habitude de laver les betteraves avant tout autre traitement. On se sert, pour cette opération, du laveur dont le type bien connu est représenté figure 20.

Un couloir incliné *a* amène les betteraves dans un tambour à claire-voie *b*, animé d'un mouvement de rotation. Ce cylindre, de $3^m,10$ environ de longueur et de 1^m à $1^m,20$ de diamètre, plonge de 20 à 30 centimètres à la partie inférieure dans l'eau de la caisse *c*. Pendant la rotation du cylindre, les betteraves

sont entraînées par les parois, s'élèvent jusqu'à une certaine hauteur, pour retomber successivement. Le frottement qui se produit, tant entre les racines que sur la paroi elle-même, dépouille les betteraves de leur terre. Celle-ci est entraînée par l'eau et tombe au fond de la caisse. A l'extrémité opposée du cylindre se trouvent des palettes inclinées *i*, qui reprennent et font sortir les betteraves lavées, en les rejetant sur un plan incliné à claire-voie en *d* pour les opérations ultérieures. La terre provenant des racines se rassemble au fond de la caisse *c* avec les radicelles détachées des betteraves. L'eau se charge donc bientôt de saletés et n'opère plus qu'un lavage de moins en moins parfait. Aussi, souvent, on est obligé, pendant le travail et en dehors des heures de repos, de remplacer cette eau par de l'eau nouvelle. Les résidus solides qui se rassemblent au fond de la caisse *c* ne sont pas complètement entraînés par l'eau lorsqu'on vide la caisse par la trémie ménagée au fond, et l'on doit, de temps en temps, les désagréger en passant à plusieurs reprises un ringard. L'opération se fait à l'aide d'un trou d'homme ménagé à une faible hauteur au dessus du fond. Ce nettoyage, qui constitue un travail long et très-pénible, se

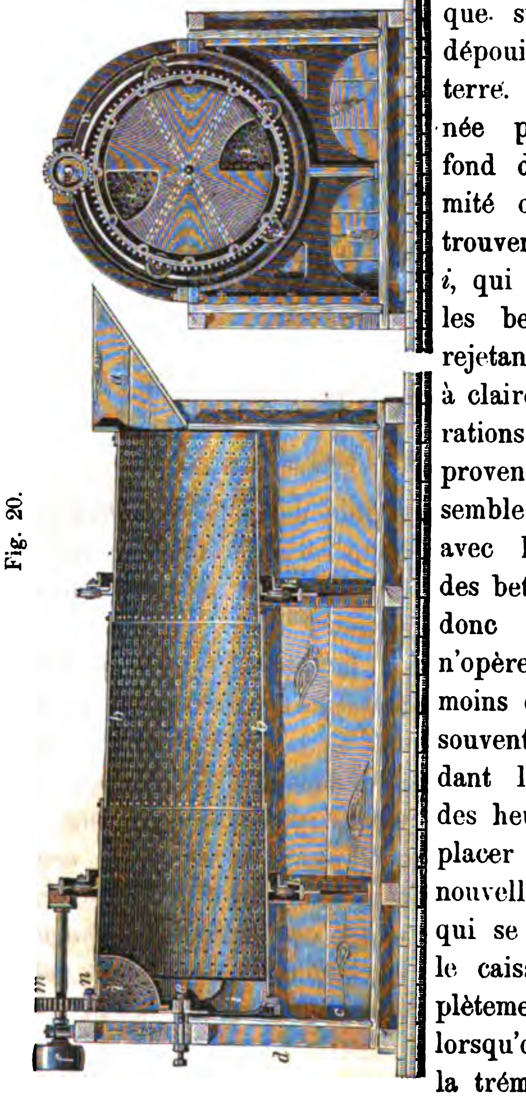


Fig. 20.

fait en principe à chaque changement de poste et aux arrêts de midi et de minuit, c'est-à-dire quatre fois par 24 heures. Il arrive souvent néanmoins, si l'on travaille des betteraves exceptionnellement sales, que l'on soit obligé de faire encore un plus grand nombre de nettoyages.

Fig. 21.

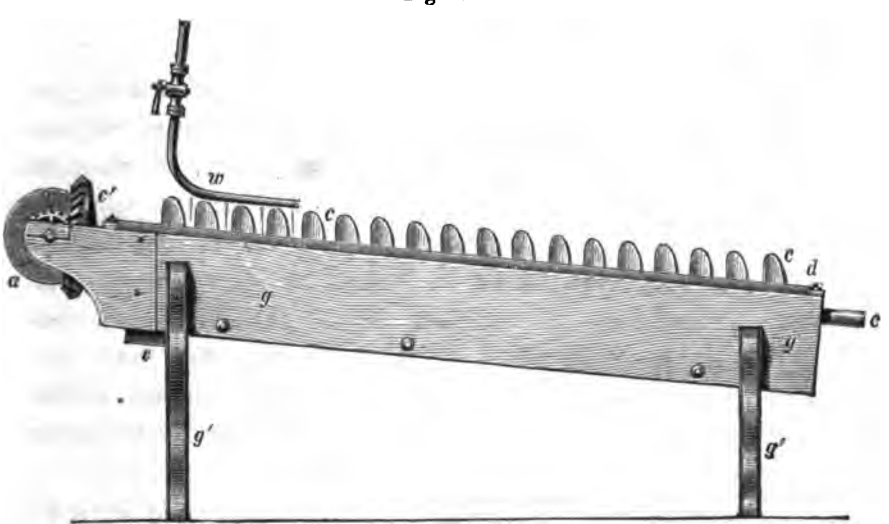
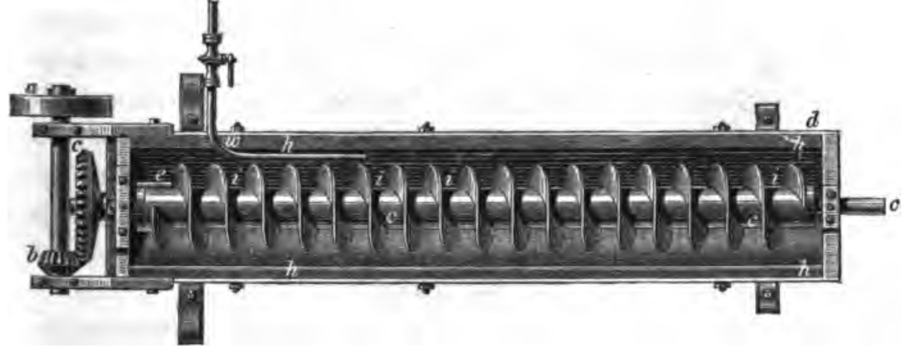


Fig. 22.



En vue de remédier à cet inconvénient, on a cherché à appliquer au lavage des betteraves le laveur à vis d'Archimède, dont on faisait déjà usage dans les fabriques pour le travail du noir. L'essai a donné de bons résultats. Les betteraves sont jetées en *d*, (figure 21 et 22), et marchent par

l'action de la vis *e* en sens inverse de l'eau, laquelle arrive par la partie supérieure en *w*. Les racines tombent en *e* parfaitement nettoyées: on remarquera seulement que l'espacement des spires de la vis doit être un peu plus grand pour les betteraves que dans les laveurs de noir.

Robert a essayé de remplacer la vis d'Archimède dans l'appareil précédent par des palettes en fonte assemblées et à angles arrondis.

Les laveurs disposés suivant ce principe ont, sur l'appareil à cylindre, l'avantage que les betteraves y sont toujours rincées avec de l'eau fraiche et que la terre est entièrement enlevée. Le plus souvent, on se borne à utiliser ces appareils pour le rinçage, et l'on fait passer d'abord les racines dans un laveur ordinaire, puis dans un laveur à vis. On pourrait craindre qu'une durée trop grande du lavage n'eût comme conséquence une perte de jus. L'expérience démontre qu'il n'en est rien: tous les essais faits à ce propos ont conduit à cette conséquence que, même par un contact très-long, la teneur en sucre de la racine ne subit aucune réduction.

[Dans beaucoup d'appareils, avant ou après le cylindre du laveur, se trouve un épierreur destiné à éliminer les pierres ou corps durs qui pourraient passer avec les racines à la râpe: ce dispositif, dont le principe est d'ailleurs très-simple, fonctionne d'une manière satisfaisante; il consiste essentiellement dans l'agitation des betteraves en présence d'une quantité d'eau suffisante. Par suite de leur faible densité, les racines se maintiennent à la partie supérieure où elles sont reprises par les dents d'une double fourche animée d'un mouvement de rotation, tandis que les pierres, et en général tous les corps lourds, tombent au fond du récipient.

Parmi les épierreurs de construction récente, nous citerons l'appareil imaginé par M. Charpentier[1]: c'est une vis d'Archimède en fonte, dont les premières spires sont à claire voie, qui tourne dans un cylindre en tôle. Cet appareil plonge dans

---

1) Sucrerie indigène V^{e} année.

une auge pleine d'eau avec une inclinaison de 45° environ; dans son mouvement de rotation, il saisit les racines qui barbotent dans l'eau, et les élève, tandis que les corps étrangers, entraînés par l'eau qui retombe au travers des spires, s'accumulent au fond de l'auge d'où ils sont retirés de temps à autre par un trou d'homme. On conçoit que l'on peut se servir de cet appareil comme épierreur et élévateur tout à la fois, il suffit pour cela de lui donner des dimensions convenables.]

Les matières bourbeuses que l'on retire du laveur, ainsi que toutes les eaux employées dans l'appareil, coulent dans des réservoirs de dimension et de profondeur suffisantes, où les terres entraînées forment un dépôt de plus en plus compact et mêlé d'une forte proportion de racines. Cette matière est ensuite reprise et constitue un engrais d'excellente qualité.

Dans tous les pays où l'impôt est établi sur le poids des betteraves travaillées, on coupe les betteraves immédiatement après le lavage et on en retranche la tête, moins riche en sucre et plus chargée de sels, de façon à n'acquitter les droits que sur la portion de la racine la plus avantageuse. Au sortir du cylindre laveur, les betteraves tombent directement ou sont amenées par une noria sur une table circulaire horizontale animée d'un mouvement de rotation et munie d'un rebord. Cette table porte le nom de carrousel. Les ouvrières s'installent autour, prennent les betteraves une à une et, avec un couteau bien aiguisé, retranchent toute la partie verte de la betterave sur laquelle étaient attachées les feuilles. Elles enlèvent en même temps avec la pointe du couteau les parties altérées de la racine. — Dans quelques usines, au lieu d'un couteau on emploie un forêt, outil pointu en fer, tournant mécaniquement, contre lequel l'ouvrier appuie la tête de la betterave jusqu'à ce que toute la partie voulue ait été enlevée. Ce forêt est en tout cas préférable aux hache-paille employés dans certains endroits pour le même objet.

Les betteraves convenablement lavées sont ensuite jetées dans des chariots de transport à trois ou quatre roues, con-

duites à la bascule où se fait la pesée en vue de l'impôt, et enfin livrées à la râpe.

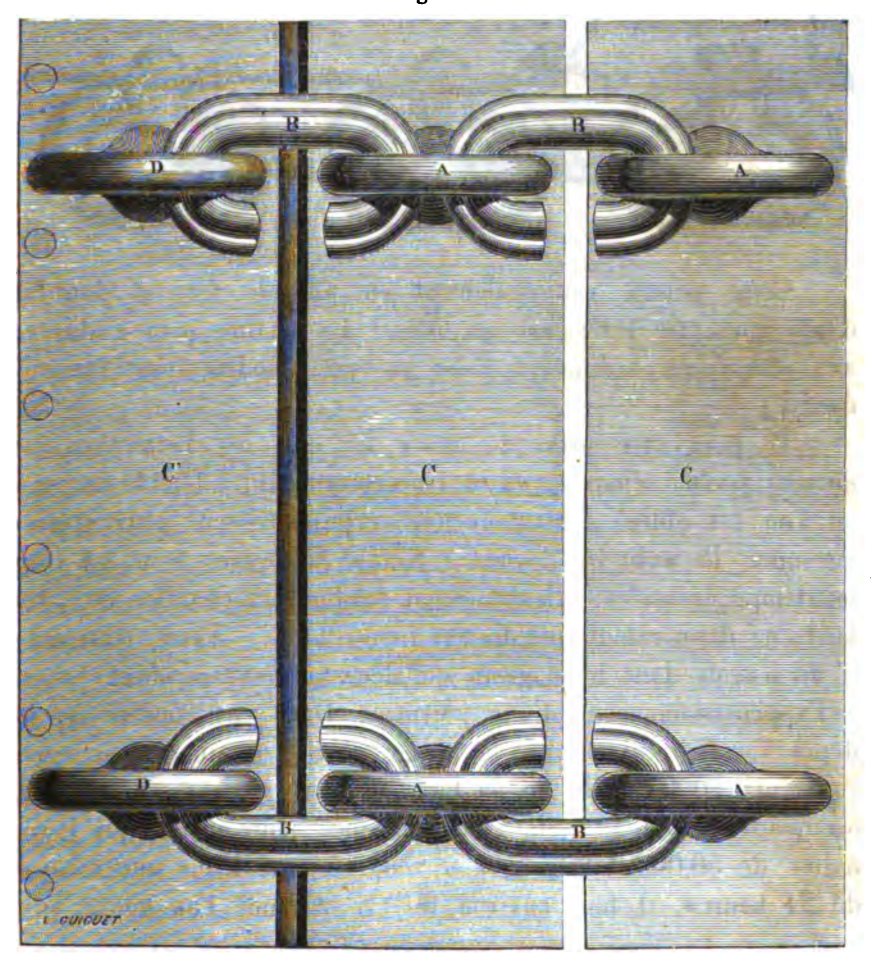
[Dans tous les pays où, comme en France, l'impôt ne porte pas sur le poids des betteraves travaillées, les racines ne sont généralement reçues à l'usine que décolletées; elles n'entrent, en tout cas, au magasin qu'après cette opération, et passent directement du laveur à la râpe. La disposition ordinairement adoptée consiste à donner au laveur une certaine élévation par rapport à la râpe sur laquelle les betteraves, rejetées en dehors du laveur, descendent par un plan incliné. Mais il est alors nécessaire d'élever les racines jusqu'au laveur qui, sauf quelques cas particuliers, ne saurait être alimenté directement. Le plus souvent, les betteraves sont versées soit à la brouette, soit même au tombereau, dans une auge en trémie, disposée sous le sol du magasin, au fond de la quelle elles sont immédiatement reprises par un appareil élévatoire. Le "monte-betteraves" est une courroie sans fin, très-forte, munie de palettes en bois fixées normalement au cuir, et contre les quelles viennent se heurter les betteraves: celles-ci sont dès lors entraînées dans le mouvement d'ascension de la courroie et déversées dans le cylindre du laveur. La courroie est tendue sur deux poulies placées de telle sorte que le système soit incliné d'environ 45°, sans quoi les racines retomberaient constamment dans l'auge; elle glisse sur des galets qui la maintiennent bien tendue et diminuent la résistance due au frottement: c'est la poulie supérieure qui donne le mouvement.

Il est essentiel de faire surveiller l'alimentation de la trémie, et d'assurer la répartition régulière des racines sur les palettes de l'élévateur, pour ne pas s'exposer à des arrêts ou à des ruptures.

On a fait de nombreuses recherches pour remplacer les courroies ordinaires, en cuir, par d'autres organes de traction: on n'a pas obtenu de bons résultats avec les courroies formées de fils métalliques tressés; le cuir recouvert de gutta-percha est aussi d'un mauvais usage; seules les courroies en caoutchouc, avec tissu de chauvre ou coton interposé, généralement adoptées

aujourd'hui, sont assez avantageuses. Toutefois, elles sont d'un prix élevé, et souvent l'usure en est très-rapide. Aussi, a-t-on accueilli avec faveur une courroie métallique articulée imaginée et récemment construite par M. Joly de Compiègne. Cette courroie se compose de lames en tôle *C*, de 70 $^m/_m$ de largeur sur 250 $^m/_m$ de longueur, portant à chaque extrémité un anneau en fer forgé *A* maintenu contre la lame par un vis qui s'engage dans le trou taraudé de l'anneau. Ces anneaux sont reliés entre eux par des mailles ouvertes *B*, de manière à constituer une chaîne continue, disposition dont il est facile de se rendre compte sur la figure suivante:

Fig. 23.



Tous les 25 ou 30 centimètres se trouve intercalée une lame plus large *C'*, sur laquelle on fixe avec des rivets la palette *E* qui doit supporter les racines.

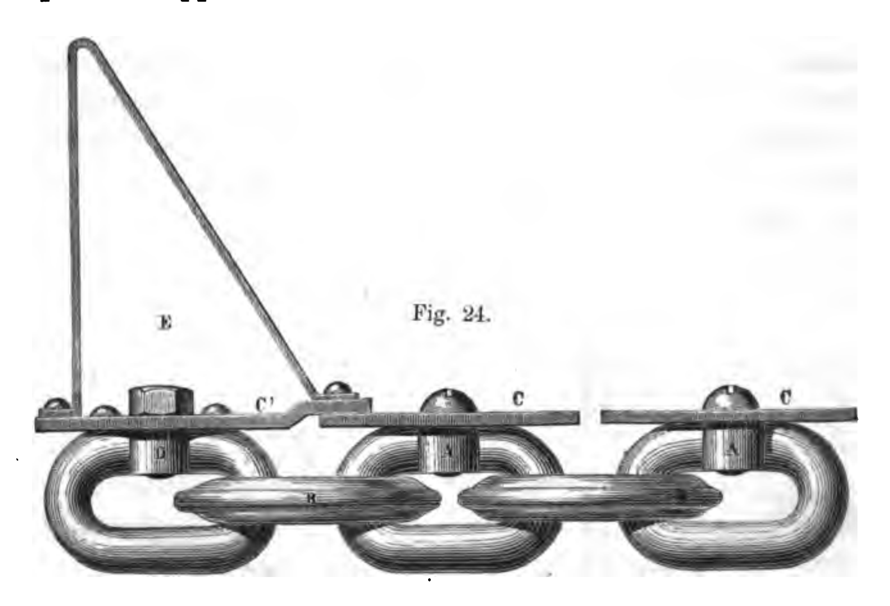


Fig. 24.

Cette palette est également en tôle de fer, et doublée d'une garniture intérieure en bois. La chaîne peut s'adapter aux élévateurs ordinaires avec quelques modifications insignifiantes.]

Il peut être utile de noter ici que les betteraves ne doivent jamais séjourner en tas trop considérables dans le magasin où l'on est obligé d'en avoir une certaine réserve pour approvisionner le cylindre laveur. Si les betteraves restaient trop longtemps entassées, elles auraient tendance à chauffer et, plus tard, ne donneraient que des jus très-colorés. Aussi, convient-il de n'avoir dans le magasin que deux tas correspondant chacun à l'approvisionnement d'une journée. Dans ces conditions, le dépôt des betteraves pour le lavage n'exige qu'un espace assez restreint; 1000 kilos de betteraves entassées sans précaution occupent environ 1$^{m.c.}$,80. On voit que, pour un travail journalier de 50,000 kilos, si l'on veut toujours avoir une avance de 24 heures, il faut environ 90$^{m.c.}$. Comme l'on donne aux

tas une hauteur de $1^{m},20$, ce volume correspond à une superficie de $75^{m.c.}$, passages non compris. Cet espace est d'ailleurs suffisant, attendu qu'on n'a généralement besoin de faire de réserves que pour la nuit; pendant le jour, le laveur est alimenté par les betteraves arrivant directement des silos. Ajoutons toutefois qu'il est souvent utile de disposer d'un espace plus grand et pouvant contenir l'approvisionnement de plusieurs jours, de façon à suspendre les transports quand le temps est trop mauvais.

Chapitre II.

Râpage.

Pour extraire des betteraves le jus qu'elles renferment, il est essentiel de détruire au préalable la constitution anatomique de la racine, de déchirer les cellules dont les parois offrent, malgré leur faible épaisseur, une très-grande résistance. On aurait beau soumettre une betterave entière à la presse hydraulique la plus puissante, on n'obtiendrait qu'une très-faible proportion de jus. De même, la racine peut séjourner des jours entiers dans l'eau, sans céder de son sucre au liquide extérieur. Mais, si l'on a soin de couper le betterave ou de la râper, l'extraction du jus s'opère dans les deux cas d'une manière beaucoup plus complète, et le rendement est d'autant plus fort que la râpe a ouvert un plus grand nombre de cellules. Lors donc qu'on cherche à produire le jus, la condition primordiale et essentielle est d'ouvrir ces cellules. Or, c'est une opération qui ne peut s'effectuer, ni aussi simplement, ni aussi complètement qu'on pourrait le croire au premier abord. Des observations microscopiques ont fait reconnaître que, sur une longueur de 1 millimètre, il y a environ dix cellules, ce qui correspond à mille cellules par millimètre cube ou un million par centimètre cube. (Ketzke.)[1] Dès-lors, on

---

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. T. 6, p. 334.

ne saurait évidemment atteindre toutes les parties de la racine: les lames employées d'ordinaire dans les râpes ont leurs dents écartées d'au moins deux millimètres; elles ne peuvent donc ouvrir qu'un petit nombre de cellules, la majeure partie échappe à leur action.

Ce déchirement des cellules se fait d'ordinaire avec les râpes. D'après ce qui précède, on voit que ces machines doivent répondre à de nombreuses exigences et à des conditions qui ne sont pas toujours remplies, au détriment du fabricant, car plus il reste de cellules intactes, et plus ces cellules retiennent de sucre perdu pour tout le reste de la fabrication.

Fig. 25.



La figure 25 représente un corps de râpe simple. Les deux disques *aa* viennent de fonte avec l'axe creux *b*. Ces disques sont tournés sur leur circonférence et présentent vers l'intérieur une partie rentrante ou rainure dans laquelle s'engagent les lames dentées que l'on sépare par des tasseaux en bois. L'axe *b* est calé sur un arbre en fer qui porte deux poulies *c*. Ces poulies reçoivent les courroies de la transmission générale et servent ainsi à transmettre le mouvement. L'appareil entier est monté sur un bâti en fonte sur lequel sont rapportés deux coussinets, qui portent l'arbre du tambour. Si la râpe n'était commandée que d'un côté et par une seule courroie, la tension de cette courroie déterminerait un effort latéral et, par suite, tendrait à user inégalement les coussinets. Le tambour prendrait peu à peu une position oblique et le râpage serait très-imparfait, la pulpe très-grossière. On évite ces inconvénients en mettant une double commande qui répartit également l'effort sur les deux côtés et donne au tambour un mouvement régulier, sans secousses, tout en produisant une pulpe très-fine. La double commande met d'ailleurs à l'abri, au moins en partie, des glissements de courroie. Il convient de plus que les poulies soient

commandées par en bas, et non du haut ou par côté, de façon à ce que l'axe soit toujours appuyé sur le fond des coussinets et ne tende pas à se soulever ou à se déplacer obliquement.

Pour monter la râpe, on dispose sur les disques *a* la garniture, formée par une série de lames dentées que les figures **26** et **27** représentent en grandeur naturelle. (Le dessin n'indique que les extrémités des lames, la partie du milieu enlevée). Les deux bouts de chaque lame s'engagent dans les rainures ménagées sur les disques *a*: les lames dépassent d'ailleurs le

Fig. 26.

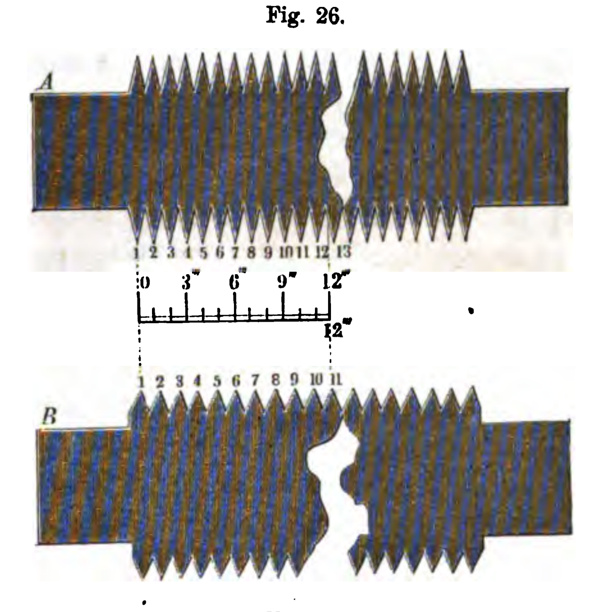


Fig. 27.

diamètre de ces disques de toute la hauteur des dents. Entre deux lames consécutives, on intercale un tasseau mince en bois, de hauteur un peu moindre, et taillé de la même façon, puis on juxtapose successivement des lames et des tasseaux de manière à former toute la circonférence du tambour.

Les lames de râpe se font en fer ou en acier. Ces dernières ont l'avantage de durer plus longtemps, tandis que les premières peuvent supporter des réparations plus nombreuses. Les pierres ou les autres résistances que rencontre la râpe ne

brisent pas en effet les dents en fer comme elles font pour les dents en acier; elles les ploient simplement, et leur redressage n'offre aucune difficulté. On comprendra d'ailleurs sans peine que les râpes montées en fer coupent beaucoup moins nettement la betterave que celles en acier. A ce titre, ce dernier métal est préférable, et fournit plus de travail, lorsqu'on râpe des betteraves gelées.

Les lames représentées dans les figures 26 et 27 diffèrent par la profondeur et la largeur des dents. D'habitude, on désigne les lames d'après le nombre de leur dents par pouce linéaire. Ainsi, la figure 26 représente une lame à 12 dents par pouce, la figure 27 à 10 seulement. Néanmoins, l'effet utile d'une râpe ne dépend pas seulement du nombre des dents; il est fonction de la forme et de la longueur de ces dents. La lame de la figure 26, avec ses dents allongées et aigues, mord vite et profondément: aussi, doit-elle donner une pulpe plus grossière et exige-t-elle moins de force que la lame de la figure 27. Dans cette dernière, les dents courtes et peu proéminentes déchirent plutôt qu'elles ne coupent; elles donnent une pulpe plus fine, mais exigent un travail mécanique plus considérable. Les deux lames dont nous avons donné le dessin peuvent être prises comme type de l'état des garnitures pendant la marche et des différences dans l'effet utile qu'on obtient.

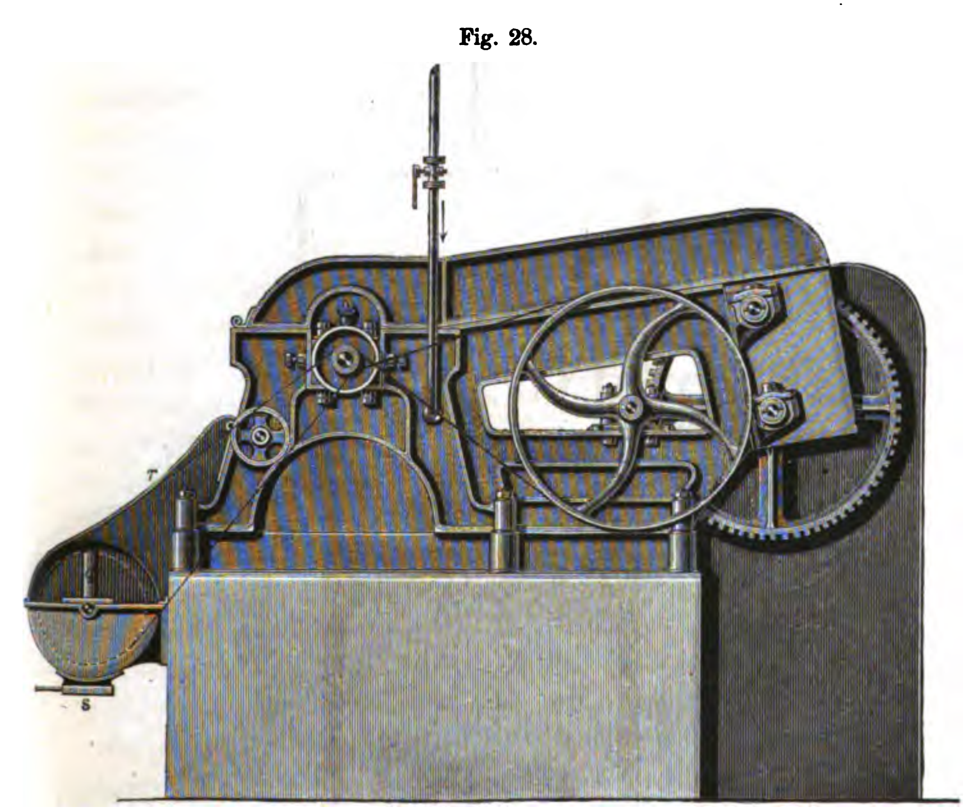
Une râpe remontée à neuf et avec des lames à dent vive se comporte au début comme si elle était montée dans le type de la figure 26. Mais, lorsque le tambour a fait un certain service, les lames se rapprochent, tant comme forme que comme effet, de la figure 27. Aussi, la râpe obsorbe-t-elle toujours plus de force quand les lames sont déjà en partie usées, qu'au moment où le tambour vient d'être muni d'une garniture nouvelle.

Pendant le travail, on dispose au dessus du tambour un manteau en tôle cylindrique qui l'enveloppe complètement, et est destiné à prévenir les projections de la pulpe hors de la râpe.

Le tambour une fois garni et mis en place, les betteraves doivent être pressées contre sa surface pour se transformer en

pulpe. C'est surtout par la manière dont s'effectue cette alimentation que se distinguent les divers systèmes de râpes en usage. Autrefois, on se bornait à presser à la main les betteraves contre les lames. Mais on ne tarda pas à faire usage de poussoirs mécaniques, dont l'action est plus uniforme et plus énergique. Ces poussoirs, qui se meuvent d'un mouvement

Fig. 28.

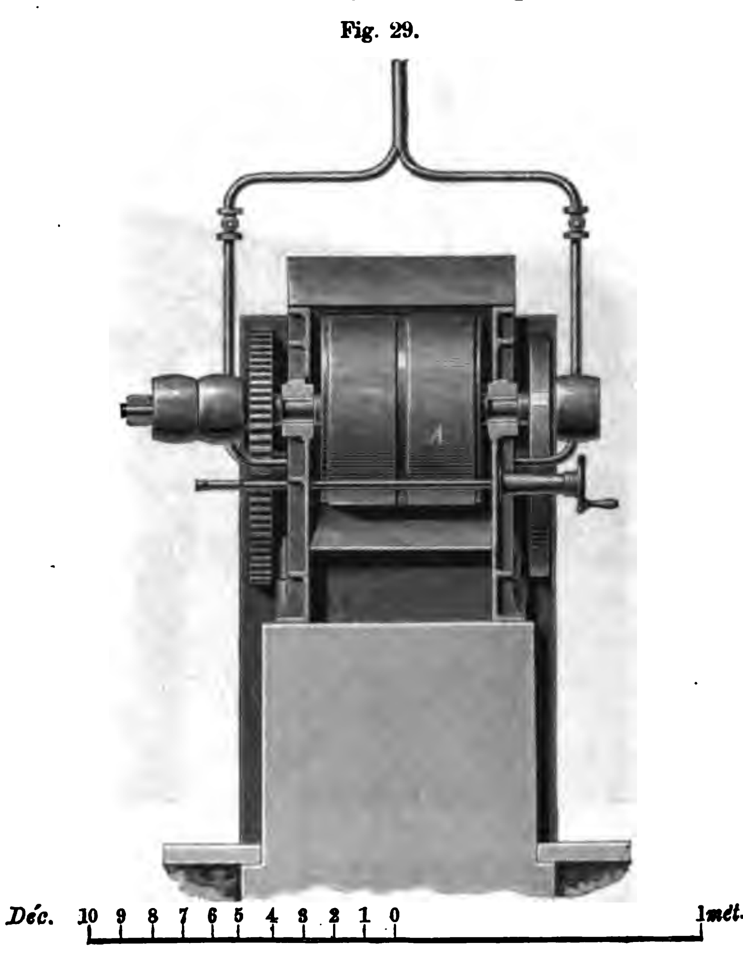


Déc. 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 *mèt.*

alternatif dans la trémie d'alimentation où arrivent les betteraves, sont, dans un grand nombre d'appareils, simplement ramenés en arrière par une came d'excentrique. L'effort exercé dans le sens inverse pour appuyer les betteraves contre le tambour est produit à l'aide d'un contrepoids suffisant pour

vaincre dans tous les cas le frottement des racines dans la trémie. La came est disposée de telle sorte que le poussoir agit sur les betteraves pendant les trois-quarts de la révolution de la came, et le mouvement en arrière se fait seulement pendant le dernier quart de cette révolution. Enfin, pour régulariser le travail, on fait usage de deux poussoirs alternatifs.

Fig. 29.



Cette disposition prise dans son ensemble offre de sérieux avantages: elle permet d'arrêter rapidement les poussoirs sans débrayer toute la râpe, et d'arriver ainsi jusqu'au tambour, de façon à retirer les pierres ou les corps étrangers qui s'y seraint glissés et pourraient briser les lames. D'autre part, la pres-

sion étant due à l'action d'un poids, on est toujours maître de la faire varier à volonté.

Néanmoins, pour augmenter le debit des râpes et faire disparaitre les inconvénients inséparables de l'emploi des cames, on a été amené, dans la plupart des types de râpes nouveaux, à modifier la commande des poussoirs et à les conduire pen-

Fig. 30.



dant toute la durée de leur mouvement par la machine elle-même. Les figures 28, 29 et 30 représentent, en élévation et en coupe, une râpe de ce genre. L'arbre qui donne le mouvement au tambour *A* de le râpe commande en même temps, par l'intermédiaire des roues dentées *c* et *k*, les poussoirs *n n* qui assurent l'alimentation. L'une des conditions essentielles du

problème est de donner à ces poussoirs un mouvement d'avance assez lent, de façon à éviter les engorgements, et de leur communiquer au contraire une grande vitesse quand ils reviennent en arrière, pour réduire autant que possible la période pendant laquelle ils n'exercent pas de pression sur les betteraves. On y est arrivé dans la râpe que nous décrivons en employant, pour donner le mouvement aux bielles des poussoirs, un système d'engrenages elliptiques qui transforme le mouvement uniforme de rotation de l'arbre principal en un mouvement à vitesse variable de l'arbre *k*.

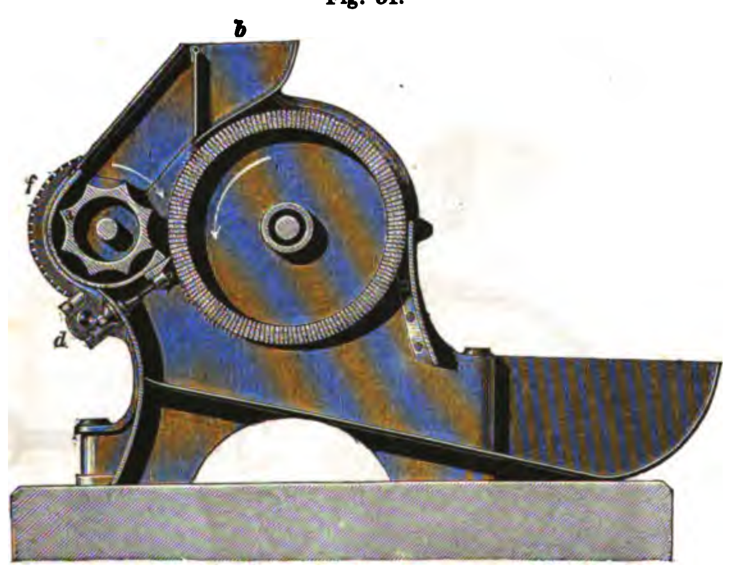
Dans les anciennes râpes, la pulpe produite par l'appareil se déversait dans une auge où elle était reprise par les ouvriers. L'appareil dont nous donnons les dessins présente à ce sujet une modification importante. La pulpe, en s'écoulant du tambour, passe par le plan incliné *r* dans un cylindre où elle rencontre un agitateur mécanique à palettes *q* qui mélange uniformément les matières tout en facilitant leur sortie de l'appareil. Toute cette partie de l'installation est enveloppée dans une caisse en tôle facile à ouvrir quand on veut visiter l'appareil; cette enveloppe, outre qu'elle parait très-rationnelle au point de vue de la propreté, a pour effet de modérer la vitesse du courant d'air violent que détermine le mouvement du tambour.

La pulpe, une fois que l'agitation l'a bien mélangée avec l'eau ajoutée à la râpe, tombe directement en *s* dans un récipient placé à l'orifice de sortie et qu'on peut retirer dès qu'il est plein. Cette installation force les ouvriers à prendre d'abord la pulpe la plus ancienne, tandis que dans les râpes ordinaires ils ont tendance à la prendre constamment au même endroit, au point où la râpe la déverse. Dans ces conditions, c'est toujours la pulpe la plus fraiche qui est envoyée aux presses, tandis que l'ancienne peut séjourner assez longtemps dans les autres parties du bac, pour se colorer en noir sous l'action de l'air. Il suffit d'examiner un bac pour s'assurer que les choses se passent ainsi. On voit très-nettement le mélange de la pulpe fraiche, complètement blanche, et de la pulpe plus ancienne, qui prend une teinte plus ou moins foncée. Or, la

pulpe s'altérant très-vite sous l'action de l'air, il est essentiel qu'elle soit envoyée aussitôt que possible à l'atelier suivant où elle doit être travaillée. La disposition que nous venons de décrire permet de satisfaire à cette condition à très-peu de frais, elle mériterait donc d'être adoptée partout. D'un autre côté, tout l'ensemble de la râpe se trouvant ainsi renfermé, il serait possible d'y maintenir une atmosphère d'acide carbonique qui contribuerait puissamment à la conservation de la pulpe.

Les poussoirs que nous avons décrits jusqu'ici agissent par choc ou d'une manière intermittente. Il en résulte que, dans

Fig. 31.



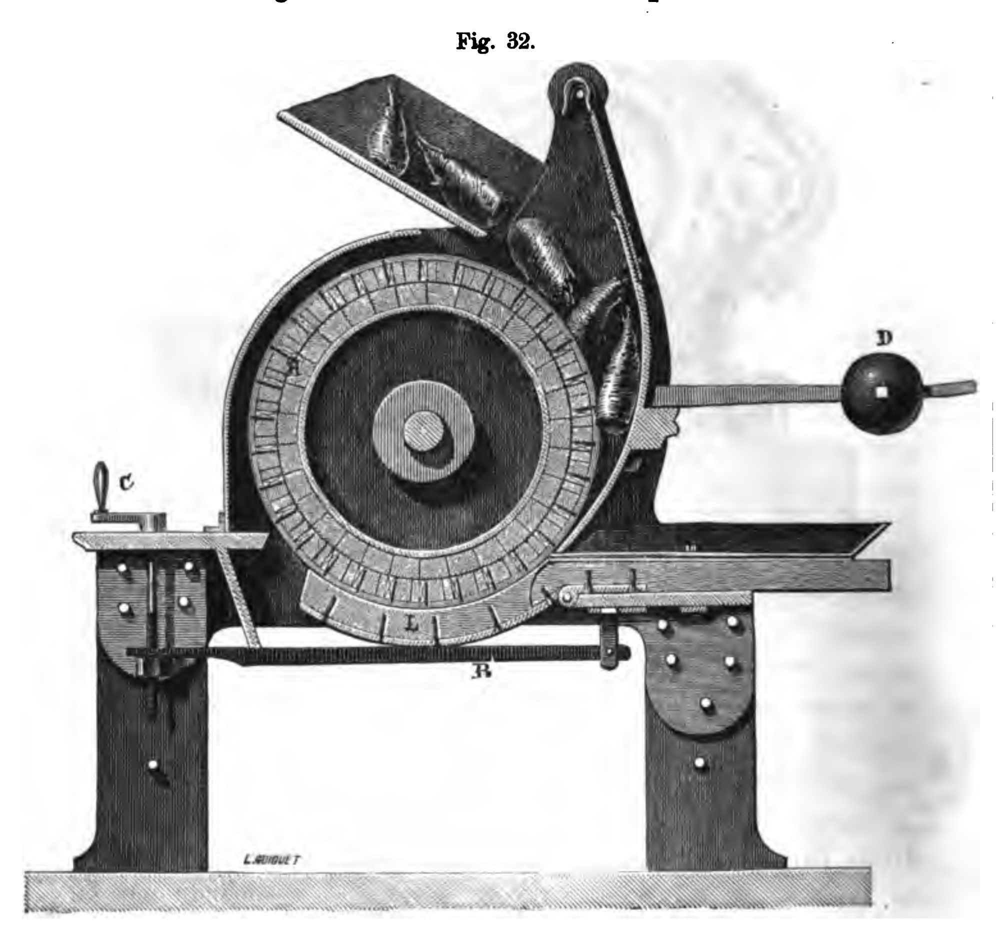
une râpe à un seul poussoir, il se produit entre deux pressions successives un arrêt dans l'alimentation des betteraves. Lorsque la râpe est munie de plusieurs poussoirs, ils agissent successivement, mais, en fait, il n'y a jamais qu'une partie plus ou moins grande de la râpe qui travaille réellement. On a construit des appareils dans lesquels on a cherché à obtenir une alimentation continue sur toute la largeur du tambour. La figure 31 représente en coupe une râpe de ce genre construite par Klusemann de Sudenbourg-Magdebourg. A l'avant du tambour se trouve un cylindre cannelé *a* commandé par la

roue dentée *f*. Les betteraves arrivant par la trémie *b* sont saisies par les cannelures et poussées sur la râpe d'une manière continue.

Il est clair que, dans ces conditions, la pression s'effectue uniformément, et que le travail dépensé est également constant à chaque instant. Aussi, la pression étant continue, cet appareil, à surface de râpe égale, produit dans le même temps une quantité de pulpe plus considérable que les râpes où les poussoirs sont à action intermittente.

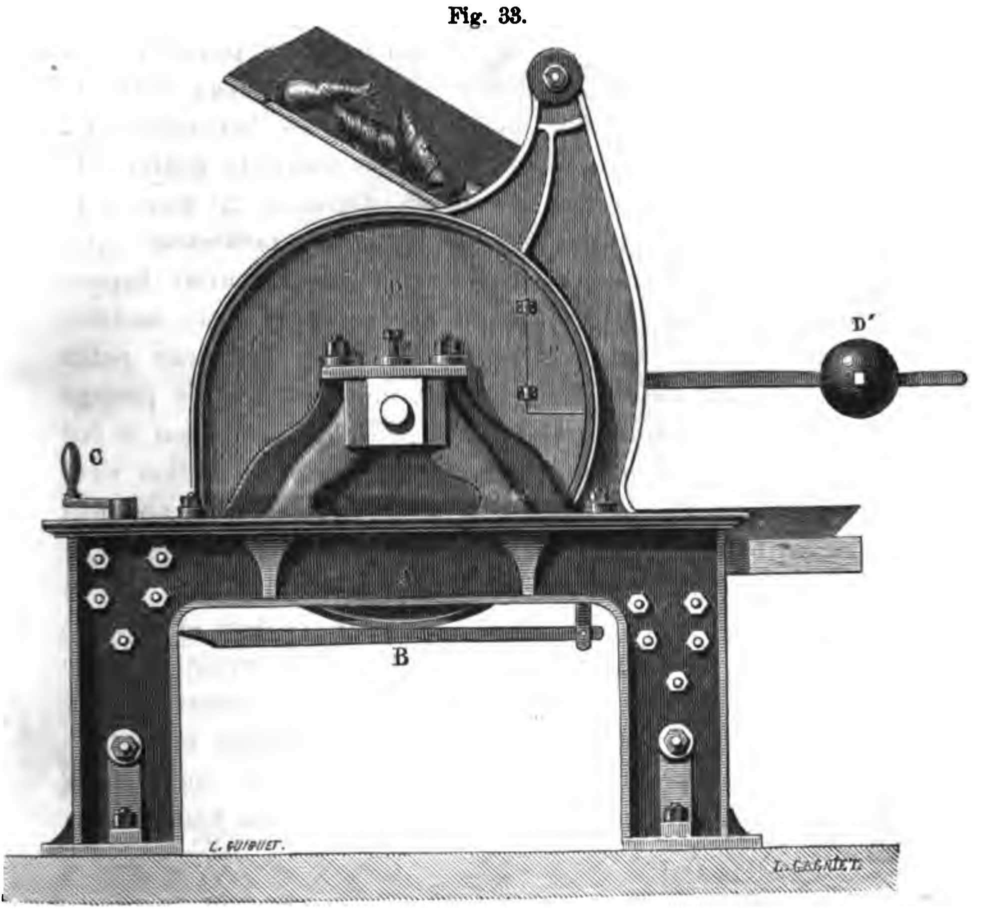
[Monsieur Joly a récemment construit, dans le même ordre d'idée, une râpe dont le principe est très-rationnel, et qui est entrée avec succès dans le domaine de la pratique. Comme on peut le voir sur les figures suivantes, 32 et 33, le pousseur est constitué

Fig. 32.



par un volet en fonte et tôle, mobile à la partie supérieure autour d'une charnière solidement fixée au bâti de la râpe, et courbé de façon à présenter un large orifice à l'admission des betteraves, puis à se rapprocher de plus en plus du tambour auquel il est tangent à la partie inférieure; il maintient les racines contre les lames avec un effort réglé par le contre-poids *D*. La pièce *L*, qui fait suite au volet, épouse exactement la forme du tambour qu'elle embrasse sur toute sa largeur, suivant un arc de 40 à 50 centimètres de développement, et dont elle peut être rapprochée ou écartée à volonté au moyen du levier *B* mu par la manivelle *C*. Comme cette pièce est en bois tendre, on peut l'ajuster en l'appliquant exactement

Fig. 33.



contre le tambour dont la denture l'usera régulièrement. On peut être assuré d'obtenir ainsi le minimum d'écartement avec une rigueur toute mathématique. C'est là que le râpage se parfait: la pulpe est projetée parfaitement exempte de semelles contre le tablier qui enveloppe le tambour, et retombe de là dans le bac qui alimente les presses. La râpe peut être complètement enveloppée comme l'indique la figure.

La denture est disposée de façon à ce que les lames puissent être aisément remplacées ou réglées par deux regards symétriques *P*, ménagés dans les joues du tambour, sans qu'il soit nécessaire d'enlever la râpe de ses coussinets.]

[La râpe Carion-Delmotte a été construite en vue d'obvier au même inconvénient: on a adopté pour cet appareil[1] un système particulier de pousseurs continus. Les pousseurs, au nombre de trois, sont constitués chacun par deux jeux de cylindres armés de dents qui engrènent les betteraves, les laminent, et les bourrent ainsi écrasées contre la denture de la râpe: ils tournent avec une vitesse d'environ 25 tours à la minute. Les premiers couples de cylindres présentent entre eux un assez grand écartement, de manière à pouvoir happer aisément les racines. La plaque de rencontre a été modifiée et peut être réglée sans difficultés au moyen de deux petits volants; elle est percée d'échancrures destinées à livrer passage aux dents des cylindres inférieurs. Ainsi, l'alimentation se fait d'une façon régulière et continue, et, quand un caillou vient à s'introduire dans la râpe, il n'est pas pressé trop vivement contre les lames et cause moins de dégâts.]

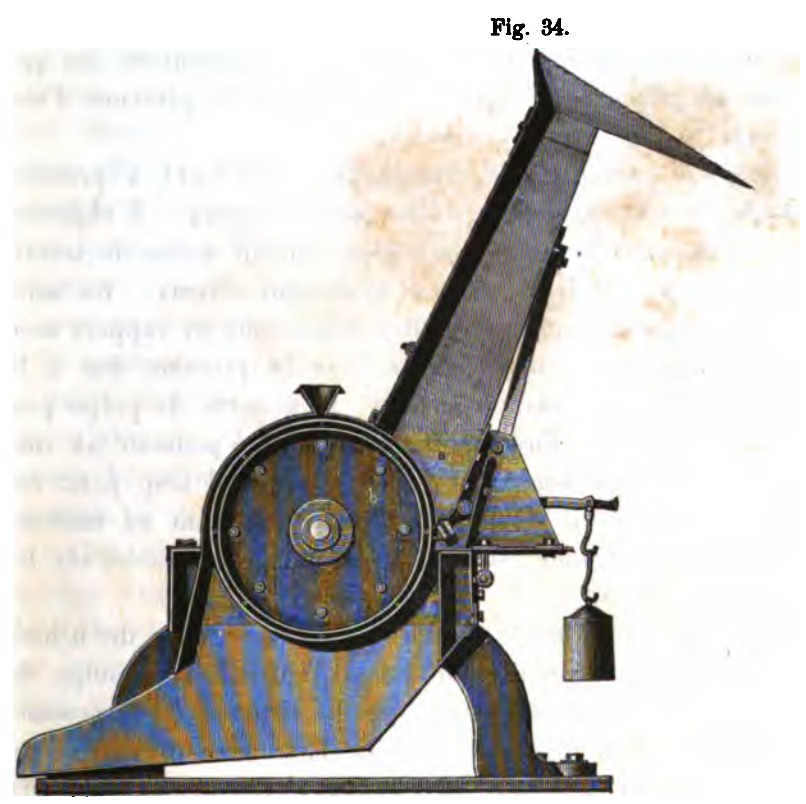
Le même problème de l'alimentation continue a été résolu d'une manière encore plus simple par Robert dans sa fabrique de Seelowitz. La figure 34 est la section verticale de cette râpe. Les betteraves, au lieu d'être pressées contre le tambour *b* par un organe mécanique, sont simplement soumises à l'action de leur propre poids, et descendent dans une gaîne *a* plus évasée en bas qu'en haut et correspondant à toute la lar-

---

1) Sucrerie indigène.

geur du tambour. On voit que la pression est continue et uniforme; aussi, la râpe travaille-t-elle sans faire de bruit. Le rendement est d'ailleurs augmenté par suite de l'uniformité de la charge, ou, ce qui revient au même, il ne faut dans ce système, pour une quantité donnée de travail, qu'une moindre surface de tambour.

Fig. 34.



La pression qui appuie les betteraves sur la râpe dépend évidemment de la hauteur de charge dans la gaîne. L'expérience prouve qu'avec une hauteur assez modérée, le travail se fait bien, et qu'il ne donne que très-rarement des lanières ou des portions non transformées en pulpe. Celle-ci est par suite et plus fine et plus homogène.

Une disposition spéciale permet d'enlever rapidement les pierres ou les corps durs qui sont souvent entrainés avec les betteraves dans la râpe, et mettent les lames hors de service.

A cet effet, un double levier de manœuvre commande d'une part une valve destinée à retenir au besoin les betteraves dans la trémie d'alimentation, en même temps qu'il ouvre une autre valve à la partie inférieure de la trémie; on peut ainsi retirer les betteraves, les pierres, etc., engagées sous le tambour.

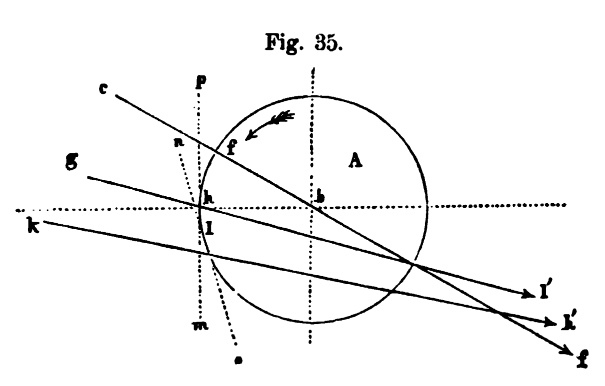
Les deux poignées de commande de ces leviers sont à portée de la main de l'ouvrier chargé d'introduire les betteraves en *a*. Ces leviers peuvent donc être manœuvrés dès que le bruit de grippement dans la râpe signale la présence d'une pierre sur le tambour.

Il est regrettable que l'appareil de Robert à pression constante ne soit pas d'un usage plus répandu. L'objection qu'on a faite souvent, que cette râpe rendait moins de travail que les autres, est d'ailleurs sans fondement sérieux. La seule question est que le tambour ait des dimensions en rapport avec le travail que l'on veut produire, car la pression due à la charge de betteraves étant constante, la quantité de pulpe produite ne saurait être forcée. Dans les râpes à poussoir au contraire, on peut marcher encore avec un appareil trop petit, car on peut accroître son rendement, soit en donnant au tambour une vitesse plus grande, soit en augmentant la pression sur les betteraves.

Pour que la râpe de Robert fonctionne dans de bonnes conditions, qu'elle produise un travail suffisant en pulpe de bonne grosseur, il est nécessaire que la direction de la pression qui appuie les betteraves sur la râpe fasse avec la surface du tambour un angle déterminé et constant. Cet angle se mesure avec le plan tangent au cylindre au point considéré. Or, l'expérience démontre que cet angle, compté dans le sens direct du mouvement du cylindre, doit être aigu, pour que les dents produisent un cisaillement réel, pour que le tambour avale bien. Si l'angle est droit, la râpe ne rend que peu de travail. Enfin, s'il est obtus, non seulement la râpe n'avale pas, mais elle renvoie les betteraves. Ainsi, dans la figure 35, *A* représentant le tambour, si la pression s'exerce suivant un rayon, dans la direction *c f*, c'est-à-dire si elle fait un angle droit

avec la tangente en *f*, les dents de la râpe ne feront que gratter les betteraves sans les couper nettement, par suite, il en résultera une pulpe très-fine, mais un rendement très-faible. Le

Fig. 35.



même effet se produirait en quelque point du tambour que s'exerçât la pression, si elle était toujours dirigée vers le centre. Si la pression s'effectue suivant la ligne *g h*, qui fait avec la tangente *p m* un angle aigu *g h p*, dont le sommet est dans le sens du mouvement, les dents attaqueront mieux la betterave et le rendement en poids de pulpe augmentera, mais en revanche la pulpe sera moins fine. Enfin, si nous prenons l'angle *k l n* encore plus aigu, il correspondra au rendement le plus considerable mais à la pulpe la plus grosse, car, sous cet angle, le tambour entraîne les racines et les force à s'engrener sous les dents.

Cette influence de l'angle de pression sur le rendement de la râpe n'existe en réalité que dans les appareils comme celui de Robert, où ce sont les racines elles-mêmes qui déterminent, par leur propre poids, la charge sur le tambour. Dans les râpes à engrenages et dans celles à poussoirs, les choses se passent différemment. Les poussoirs décrivent à chaque révolution, et en vertu de l'effort mécanique transmis à l'appareil, un chemin invariable et toujours constant. Par suite, avec un poussoir de dimensions et de course données, la râpe doit toujours produire la même quantité de pulpe, quelle que soit la direction de l'effort exercé sur les racines. D'habitude, on donne aux glissoires une direction passant par l'axe du tambour et une légère inclinaison sur l'horizontale, de façon à éviter les engorgements.

Le point sur lequel il importe de veiller le plus spécialement dans le montage d'une râpe est l'écartement entre le

tambour et le bord de la trémie qui délivre les racines. Un défaut dans cette partie de l'appareil serait en effet beaucoup plus grave qu'une mauvaise direction de la charge. Il importe que le jeu laissé entre le tambour et la partie fixe soit exactement réglé, de façon à ce que la pulpe qui doit passer par cet orifice, soit toujours au degré de division voulu. Si l'intervalle était trop grand, surtout avec une vitesse du tambour un peu forte, il passerait, avec la pulpe, et des lanières et des fragments de racine non divisée.

Aussi a-t-on soin, pour éviter cet inconvénient, et dans tous les systèmes de râpes, de terminer le fond de la trémie voisin du tambour par une plaque mobile dont on peut régler à volonté le position. Il importe que le jeu qu'on laisse ainsi soit le même pour toute la longueur du tambour, par suite, que la lame mobile demeure bien exactement parallèle à l'axe, sans quoi le tambour donnerait sur une partie de sa surface un mauvais travail. D'ailleurs, comme le parallélisme serait rapidement détruit si la tension des courroies ne s'exerçait pas également des deux côtés sur l'axe, on a toujours soin de donner une double commande au tambour de chaque côté, et de faire venir autant que possible les courroies du bas. Mais, cette condition de parallélisme remplie, il arrive souvent que toutes les dents des lames ne forment pas une surface cylindrique exacte, qu'elles débordent plus ou moins. Dans ce cas, le jeu doit être au moins suffisant pour laisser passer les dents les plus longues, sans quoi il se produirait des chocs violents, et le tambour serait rapidement hors de service. Or, dans ces conditions, les dents les plus courtes laissent un intervalle trop considérable et le râpage se fait mal.

On se prémunit contre les inconvénients de cette nature en faisant tourner lentement le tambour, avant la mise en train, contre une règle convenablement fixée; toutes les dents qui frottent contre la règle sont trop longues et doivent être raccourcies. Cette correction à la main constitue un travail pénible et entraîne beaucoup de pertes de temps, aussi Hoppe de Berlin a-t-il combiné une machine à aiguiser qui taille les

dents sur le tambour lui-même au lieu d'opérer sur chaque lame isolément. Grâce à ce dispositif, les pointes des dents se trouvent toutes sur une surface parfaitement cylindrique, et l'on peut réduire presque au minimum le jeu qu'on est obligé de laisser pour le passage de la pulpe. Les râpes ainsi montées livrent une pulpe fine et absolument satisfaisante. — Beaucoup de fabricants ont renoncé à se servir de cette machine de Hoppe, parce qu'il arrive souvent que les lames se plient et se courbent si les outils d'aiguisage ne sont pas de qualité et de trempe très-uniformes. Mais ces objections ne sauraient motiver le rejet de la machine. Dans la fabrique de Halle, j'ai trouvé un de ces outils en service courant depuis plusieurs années et dont on était très-satisfait. C'est, ce me semble, une preuve suffisante de sa valeur. En dehors des précautions que nous avons signalées pour le montage et la commande du tambour, nous appellerons l'attention sur l'épaisseur qu'il convient de donner à la plaque mobile qui forme l'embouchure de la râpe. Si cette plaque est trop mince, elle laisse facilement passer des morceaux de betteraves lorsque le tambour tourne très-vite. Si, au contraire, pour éviter cet inconvénient, on donne à la plaque une épaisseur telle qu'elle épouse la forme du tambour sur plusieurs centimètres, les morceaux de racine passent plus difficilement, et la pulpe est plus homogène. Plusieurs fabricants placent en outre, au dessous de la plaque, un certain nombre de lames de râpe à denture aigue et superposées. Ces dents, dirigées en sens inverse de celles du tambour, ne laissent qu'un espace libre assez faible pour que les morceaux qui peuvent passer sous la plaque soient forcément déchirés de nouveau par les lames rapportées.

[Pour éviter les semelles et les talons dont est chargée la pulpe des râpes ordinaires, quelque soin que l'on apporte à la disposition de la plaque de rencontre, on a essayé avec succès l'addition, sous le tambour, d'une feuille de tôle entourant la moitié inférieure du cylindre dont elle épouse exactement la forme. Cette tôle, de $3^{m}/_{m}$ d'épaisseur, est fixée sur les côtés du bâti, et maintenue à une distance de $2^{m}/_{m}$ des

dents de la râpe; elle présente dans le sens de la rotation du cylindre, des fentes longitudinales ayant 3 centimètres de longueur, et dont la largeur varie de 8 jusqu'à 5 millimètres à mesure qu'elles s'éloignent des sabots: ces fentes, qui sont destinées à laisser passer la pulpe, doivent être, en effet, proportionnées au débit qui est surtout considérable dans la partie voisine des pousseurs. On conçoit d'ailleurs que les portions de betteraves non râpées ne peuvent passer par les fentes et sont constamment ramenées sous les couteaux jusqu'à ce qu'elles soient complètement réduites en pulpe. Cette modification a toutefois le petit inconvénient de faire bourrer la râpe et de réduire par conséquent son débit dans une certaine mesure].

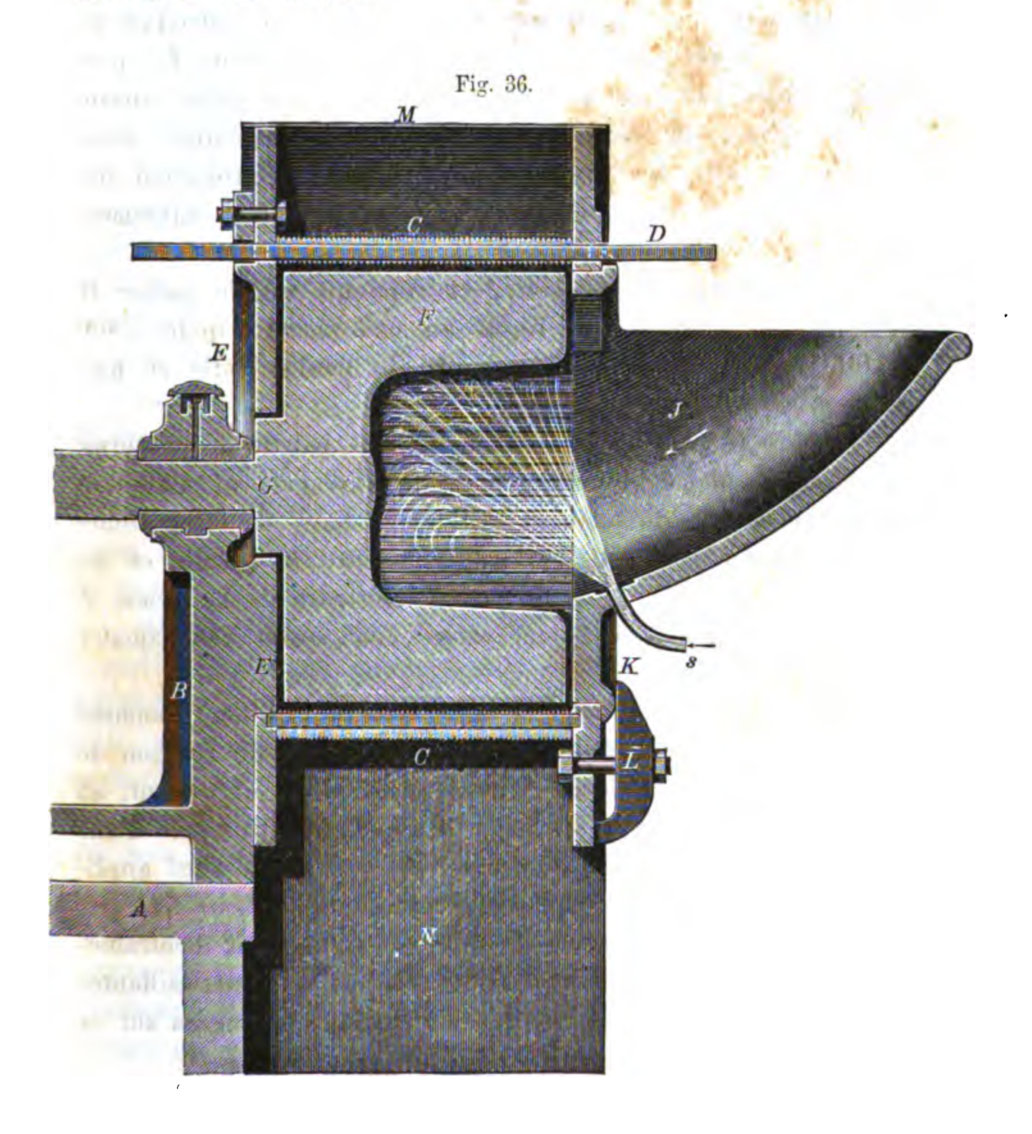
Dans les divers systèmes de râpes que nous avons étudiés jusqu'ici, le déchirement de la pulpe s'effectue entre les dents d'un tambour mobile et la pièce métallique rapportée à l'embouchure. Nous avons vu que le réglage exact de cette pièce constituait une des conditions essentielles d'un bon travail, et qu'il devait être l'objet d'une surveillance constante. On comprend d'ailleurs que si un corps dur, une pierre par exemple, vient s'engager entre le tambour et le pièce de rencontre, celle-ci ne pouvant pas céder, on est exposé à des accidents assez graves pour le tambour lui-même.

Le râpe de M. Champonnois, appliquée d'abord dans les féculeries et les distilleries, puis dans les fabriques de sucre, permet d'éviter d'une manière à peu près complète les divers inconvénients que nous venons de signaler dans les autres systèmes. L'emploi de plus en plus répandu de ce dispositif, les résultats constamment favorables de sa pratique prolongée, nous engagent à en donner la description, que nous empruntons en partie à un excellent rapport présenté dans l'objet par M. Combes à la Société d'Agriculture de France.

L'organe principal de la râpe Champonnois est un cylindre creux, fixe, et garni intérieurement de lames dentées en scie disposées suivant les génératrices. Le tambour a $0^m,40$ de diamètre extérieur, et la saillie des dents sur la surface concave est de $^1/_2$ millimètre environ. La garniture du tam-

bour s'effectue suivant un mode analogue à celui des râpes ordinaires. Entre deux lames consécutives est un tasseau ou barette rectangulaire en fer. De distance en distance, un de ces tasseaux porte deux saillies, de façon à laisser en cet endroit, entre la lame et la barette, un vide de 1 m/m et demi environ. Comme la surface du cylindre est à jour, on comprend que la pulpe pourra s'échapper par ces lumières ménagées ainsi à intervalles convenables.

Fig. 36.



Dans la figure 36, qui représente une section verticale par l'axe de l'appareil, *A* est le massif; *B* le bâti avec paliers supportant l'arbre moteur dont il sera parlé ci-après; *C* le tambour cylindrique fixe dont nous venons de donner le mode de montage. Le serrage d'ensemble des lames s'effectue à l'aide de la clavette *D*.

Le tambour *C* est terminé en *E* par un fond solidaire du bâti. L'autre extrémité du tambour est fermée par une plaque *K* faisant corps avec la trémie *J* par laquelle on introduit les betteraves. Cette plaque, maintenue par les écrous *L*, peut s'enlever lorsqu'on veut changer le tambour. La pulpe sortant par la surface du tambour, l'appareil est enveloppé d'une chemise en tôle *M*, destinée à empêcher la projection des matières, qui tombent en *N* dans un bac convenablement disposé.

Suivant l'axe du tambour, et reposant sur le palier *B*, est monté un arbre *G* qui reçoit un mouvement rapide, (800 à 1000 tours par minute), à l'aide de poulies folle et fixe, non représentées sur le dessin.

L'arbre *G* porte à son extrémité une palette *F* en forme d'U, dont les deux branches, tournant avec l'arbre, affleurent le contour interne du tambour et le fond fixe, de façon toutefois à ce qu'il reste un jeu suffisant entre la palette et les lames ou le fond *E*. — A la partie inférieure de la trémie *J*, débouche un tuyau par lequel arrive l'eau qu'on veut ajouter à la pulpe.

On comprend sans peine, d'après cette description, comment s'effectue le râpage. Par suite du mouvement de rotation de l'arbre, les branches de la fourche soulèvent et entraînent, au fur et à mesure qu'elles arrivent, les racines introduites d'une manière continue en *J*. Les betteraves se trouvent ainsi appliquées et pressées contre la surface interne du tambour fixe par l'action de la force centrifuge. Dans ce mouvement d'entraînement avec pression, elles sont déchirées par les dents saillantes des lames, et la pulpe sorte par les lumières ménagées sur la périphérie du tambour.

On voit d'ailleurs immédiatement que l'opération du râpage a lieu à la fois sur presque toute l'étendue de la surface interne du tambour, ce qui permet de produire la même quantité de pulpe avec des surfaces râpantes notablement inférieures à celles que nous avions admises pour les râpes ordinaires.

D'autre part, le pression des racines contre la râpe n'est plus effectuée par des poussoirs comme dans le mode habituel; elle est due uniquement à la force centrifuge qui ne détermine qu'une pression assez faible et toujours limitée. Ainsi, avec un tambour de 0m,40 et une vitesse de la palette de 800 tours, le calcul montre que la force centrifuge exercée sur les particules contigues au tambour est de 135 fois environ leur poids. Pour les parties distantes de la périphérie de 0m,10, elle est encore 70 fois leur poids. Cette pression se répartissant sur toute la surface du morceau considéré, il en résulte que l'introduction accidentelle d'une pierre dans la râpe pourra bien détériorer les dents des lames, mais sans que les accidents puissent jamais devenir plus graves.

Dans les râpes ordinaires, lorsque, après un certain temps de marche dans un sens, les lames sont pliées et ne mordent plus, on retourne le tambour bout pour bout, de façon à présenter les dents en sens inverse. Dans le système Champonnois, il suffit, pour atteindre le même but, de changer le sens du mouvement de rotation de l'arbre.

[Dans ces derniers temps, M. Champonnois s'est attaché à corriger quelques inconvénients de détail signalés dans les dispositions qui avaient été adoptées pour les premiers appareils, et a précisé les soins que comporte le mode d'action particulier de sa râpe.

On sait que la force centrifuge, qui détermine ici la poussée des betteraves sur la surface râpante, s'accroit rapidement avec la vitesse et qu'elle est également fonction du poids de la masse en mouvement: il s'agissait donc de règler ces différents éléments, comme on règle, du reste, ceux qui servent de base à la râpe à sabots. Ainsi, avec une vitesse exagérée, la poussée des racines et, par suite, l'action des lames devient trop forte, et

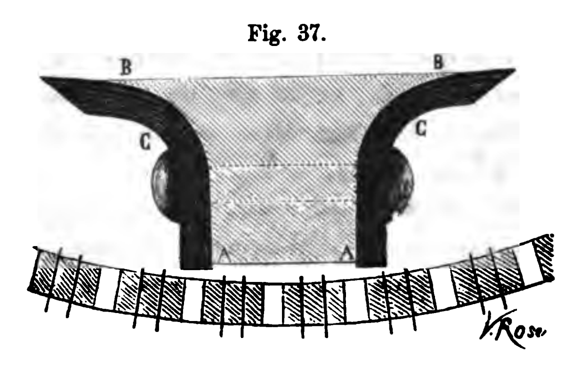
la pulpe produite est trop grosse; à trop faible vitesse, les lames s'empâtent, et la râpe ne débite plus. On a reconnu qu'il était essentiel, pour être dans de bonnes conditions de travail, de maintenir une vitesse moyenne de 700 à 750 tours. Le poids de la masse en mouvement modifiant aussi la poussée, et ce poids étant très-variable avec les betteraves, on a dû chercher à le régulariser. On a obtenu ce résultat en armant les bras de l'entraîneur d'un couteau en acier qui, en donnant le premier choc à la racine, la divise en tranches qui ont sensiblement la même épaisseur. Par l'action de ce couteau, on évite encore les brisures et les éclats que le choc d'un bras de fonte brute produisait sur les betteraves: ces brisures se prêtaient difficilement au râpage et se subdivisaient en grains plus ou moins gros qui n'étaient pas susceptibles de donner leur jus à la pression. Enfin, la betterave est mieux répartie sur toute la surface râpante qui se trouve ainsi mieux utilisée, ce qui, avec la régularité du râpage ou du degré de division, assure le maximum de débit.

La production des grains avait aussi une autre cause: les bras de l'entraîneur étaient exclusivement en fonte, et l'angle qu'ils présentent à l'avant sur la face qui race la denture s'usait rapidement; il s'arrondissait en présentant aux dernières couches de betteraves une entrée où elles s'engageaient. C'est le même effet qui se produit dans les râpes à sabots, quand l'extrémité de la trémie est également usée et arrondie; dans ce cas il se fait des plaques ou semelles qui passent et se mélangent à la pulpe; avec la râpe centrifuge, ces plaques, qui ne peuvent se dégager à travers les lumières, sont écrasées et se réduisent en grains. On a remédié avec succès à cet inconvénient en adaptant aux bras de l'entraîneur une plaque d'acier, qui peut se changer à volonté, et dont on entretient avec soin l'angle voisin de la surface râpante. C'est la même précaution qui est recommandée pour l'extrémité de la trémie dans les râpes ordinaires.

La figure 37 donne une idée de ces dispositions: Le couteau *C* et l'angle extérieur *A* sont formés par une même

plaque. On pourrait les rendre indépendants, il suffirait pour cela de fixer le couteau à l'intérieur du bras, et les plaques d'acier de chaque côté, mais ce dispositif serait moins simple.

Fig. 37.



Pour obtenir une pulpe fine et régulière, il est utile de donner aux dents peu de saillie, 1 millimètre environ; cette condition est du reste également avantageuse pour la conservation et la durée des lames, parceque, n'ayant pas à craindre que les dents se brisent ou fléchissent par la rencontre d'un corps dur, on peut les tremper plus fort. Comme le tartre se dépose rapidement sur les lames et sur les liteaux, et que l'action des dents en est sensiblement affaiblie, il est utile de les nettoyer toutes les six heures. En effet, une râpe propre débite rapidement et sans effort, la pulpe est divisée en filaments et non en bouillie, parce qu'elle est coupée et non broyée. Ces soins, du reste, ne sont pas coûteux, et la dépense est largement compensée par le peu de lames consommées, et aussi par le peu de force motrice exigée].

Après avoir décrit les avantages de ce système, il nous reste à en signaler les inconvénients, d'ailleurs peu importants. Si les lumières viennent à s'engorger de petits fragments de racines, la force centrifuge n'agira pas pour les dégager, comme cela aurait lieu si c'était la râpe elle-même qui tournait. Mais cet engorgement ne peut guère se produire que si les lumières sont rétrécies; si leur largeur est convenablement réglée, on obtient une pulpe d'une finesse uniforme, sans que les lumières se bouchent.

D'un autre côté, on trouve quelquefois les lumières obstruées par des incrustations très-dures. D'après M. Payen, ces dépôts sont formés par des concrétions cristallines enveloppées dans des matières organiques azotées. Ces matières paraissent identiques à celles que l'on rencontre parfois dans le tissu de la betterave, surtout près de la tête ou tige conique, dans le voisinage du collet. La calcination montre qu'elles renferment 37 % de carbonate de chaux.

D'après cela, M. Payen avait conseillé, pour débarrasser la râpe de ces matières qui l'obstruent, de plonger le tambour dans une dissolution de carbonate de soude ou de potasse maintenue un certain temps en ébullition. Mais, depuis lors, M. Champonnois a reconnu qu'il suffisait, lorsque les lumières sont obstruées, de sortir le tambour et de le chauffer, en introduisant simplement à l'intérieur une plaque de tôle portant quelques charbons incandescents. A mesure que l'évaporation se fait, la matière incrustante se dessèche, et le retrait qu'elle éprouve ne tarde pas à la faire fendiller et à se détacher d'elle-même.

[Quelque soit le système adopté, il est absolument nécessaire d'ajouter une petite quantité d'eau à la râpe, autant pour faciliter le râpage que pour donner à la pulpe une fluidité convenable: la proportion d'eau ajoutée dans ces circonstances peut varier de 15 à 20 % du poids de betteraves râpées. Il est essentiel d'employer à cet effet de l'eau parfaitement pure. On a conseillé d'utiliser à la râpe les petites eaux des filtres; il ne faut pas oublier toutefois que ces eaux ont une grande tendance à l'altération. Il nous parait plus rationnel d'y envoyer soit les eaux ammoniacales du triple-effet, soit même de l'eau pure très-légèrement chaulée: une proportion de quelques dix-millièmes de chaux donne de très-bons résultats en fabrique, sans diminuer en rien la valeur de la pulpe pour le bétail. M. Vivien[1] conseille dans le même but l'emploi du sucrate de chaux fait avec de la melasse: ce procédé aurait

---

1) Vivien. Cours de sucrerie (St. Quentin 1872).

de plus l'avantage d'utiliser, pour une partie des mélasses, les propriétés épuratrices de la pulpe signalées par M. Champonnois.[1].

Quoiqu'il en soit, on ne saurait trop recommander d'entretenir, dès le râpage, une légère alcalinité dans les jus, la monidre acidité développant avec rapidité la fermentation pectique, c'est à dire la transformation de la pectose insoluble des cellules en principes pectiques solubles dont l'influence mélassigène est très-redoutable. L'utilisation des propriétés antiseptiques du bisulfite de chaux, même de l'acide phénique, peut être aussi recommandée pour combattre ces inconvénients, mais il ne faut jamais perdre de vue la consommation ultérieure des pulpes par le bétail.

L'emploi des moyens que nous avons indiqués devient de rigueur quand, par les grands froids de l'hiver, on est amené à employer de l'eau chaude pour la râpe et pour le laveur. Il est bon de contrôler journellement la quantité d'eau effectivement ajoutée à la râpe; on peut arriver à ce but en montant sur la prise d'eau des râpes un petit compteur. Dans quelques usines, après chaque arrêt, on râpe une petite quantité de racines sans addition d'eau, on presse la pulpe, et on prend la densité du jus; on a ainsi un terme de comparaison pour les densités prises en travail courant.]

Le rendement en jus dépend essentiellement, comme il a déjà été dit, du degré de division de la pulpe. Ainsi, avec une pulpe fine, j'ai obtenu 84 % de jus, tandis qu'avec la même presse, mais pour de la pulpe un peu plus grossière, le rendement n'était plus que de 80 %. Ces chiffres font suffisamment ressortir les avantages d'une bonne râpe et l'intérêt qu'a le fabricant à être bien outillé sous ce rapport. Avant tout, il est essentiel que le tambour ait une surface suffisante pour râper la quantité voulue de betteraves sous une vitesse modérée. J'ai d'ailleurs cherché à déterminer quel était le rapport le plus convenable entre cette surface de râpe et la

---

1) Champonnois-Journal des fabricants de sucre.

quantité des betteraves mises en oeuvre. Pour y arriver, j'ai rapproché les rendements en jus dans diverses fabriques, dont les unes produisaient de la pulpe fine, les autres de la pulpe moins divisée. J'ai trouvé ainsi que, pour avoir la pulpe la plus fine, et par suite la plus forte proportion de jus, avec des mises en oeuvre de 50,000 kilos par 24 heures, le tambour faisant 650 tours à la minute, il fallait donner à ce tambour une surface de 1^{m},35 à 1^{m},70. Ces chiffres supposent que le mouvement des poussoirs est assez lent, de façon que le travail de la râpe soit aussi régulier que possible. On voit que ce résultat conduit à donner comme surface de tambour 2½ à 3 décimètres carrés par 1000 kilos de travail journalier. Dans beaucoup de fabriques, on se contente de surfaces beaucoup moindres, et souvent la râpe n'a que 1 décim. ou 1 décim. et demi de surface par 1000 kilos de betteraves. Mais, dans ces conditions défectueuses, on ne saurait obtenir la pulpe avec un degré de division suffisant pour qu'on ait un bon rendement. Il est vrai que, d'habitude, on rachète cette insuffisance de surface par une augmentation dans la vitesse de la râpe et qu'on fait souvent marcher le tambour à 800 et même 1000 tours par minute. Dans ces conditions, par chaque 1000 kilos de betteraves mises en oeuvre, la surface de râpe qui passe devant l'embouchure est de 0^{mc},70 environ par minute, tandis qu'avec 650 tours seulement, mais 3 décim. de surface par 1000 kilos de betteraves, la surface de râpe dépasse, dans les mêmes conditions, 0^{mc},80.

Mais des vitesses atteignant 1000 tours par minute sont de nature à présenter de nombreux inconvénients: les poussoirs doivent marcher plus vite, et par suite la pulpe est plus grossière; les coussinets qui portent l'arbre s'échauffent, s'usent rapidement et donnent au tambour un mouvement irrégulier qui se traduit par des chocs et amène un mauvais râpage. Enfin, les courroies de commande glissent souvent et entraînent des arrêts prolongés et des réparations plus fréquentes. Tous ces inconvénients disparaissent quand on donne au tambour une vitesse plus modérée et une surface plus grande. D'autre part,

l'expérience prouve qu'avec un tambour présentant 25 centimètres de surface par 100 kilos et des lames de dix dents par pouce, la pulpe est beaucoup plus fine qu'avec une surface de 15 centim. par 100 k., des lames à douze dents, et une vitesse de rotation plus considérable.

Avec 15 centim. de surface par 100 k., les poussoirs doivent donner à peu près dix coups complets par minute. Avec 25 centim. de surface, il suffit de donner aux poussoirs comme vitesse 0,75 % de la vitesse du tambour, soit, pour 650 tours, 4,87 coups par minute, et, dans ces conditions, le rendement est très-satisfaisant.

En ce qui concerne le travail moteur, on compte que par 10,000 ou 12,000 kilos de betteraves travaillées journellement, la râpe dépense un cheval vapeur réel ou deux chevaux nominaux, si l'on évalue le travail à l'indicateur sur le cylindre lui-même. Par suite, pour des mises en oeuvre de 50,000 kilos, la râpe exige de 4 à 5 chevaux effectifs ou 10 chevaux nominaux.

La perte de poids à la râpe est de 1 % à peu près du poids de la betterave. Ventzke admet que, pendant le râpage, les betteraves absorbent environ 40 % de leur volume d'air. Par suite, la pulpe fraiche contiendrait en volume 71,5 de matière et 28,5 d'air. Or, l'oxygène détermine, comme on le sait, la rapide altération de tous les jus. On pourrait donc peut-être trouver avantage à faire arriver dans la râpe et dans le bac à pulpe une atmosphère d'acide carbonique qui, par suite de sa plus grande densité, déplacerait l'air dans la pulpe. Toutefois, ce projet, théoriquement bon, pourrait entraîner divers inconvénients pour la marche de l'atelier.

Il est essentiel, pour éviter la fermentation, de maintenir la râpe et les bacs constamment propres. La pulpe ne doit jamais y séjourner trop longtemps, sans quoi son jus, exposé sur une très-grande surface à l'air, s'altérerait, et communiquerait la fermentation aux matières fraiches. Le meilleur moyen pour forcer l'ouvrier à ne pas laisser séjourner la pulpe longtemps est de donner aux bacs qui la reçoivent de très-

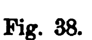
petites dimensions, de façon à ce que l'on puisse toujours surveiller le travail, et empêcher l'accumulation des restes. D'autre part, on doit nettoyer à fond toutes les six heures la râpe et les bacs, et laver le tout ensuite à grande eau, de façon à faire disparaitre toute trace d'acide.

Chapitre III.

Extraction du jus par les presses hydrauliques.

L'instrument de beaucoup le plus employé, pour extraire le jus des betteraves déchirées par la râpe, est toujours la presse hydraulique. La simplicité de cet appareil, la solidité de ses organes, les garanties de son travail que l'on peut contrôler et régler sans difficulté, son rendement satisfaisant et jusqu'à un certain point assuré à l'avance, tels sont les principaux avantages qui ont décidé la majeure partie des fabricants à conserver la méthode des presses pour extraire le jus de la pulpe.

La presse hydraulique fut introduite pour la première fois dans la pratique en Angleterre, vers 1796, par Bramah, dont elle a longtemps conservé le nom. Le principe de son action repose sur cette propriété de l'eau, commune du reste à tous les liquides, de transmettre uniformément et intégralement dans tous les sens les pressions que supporte le fluide en un point quelconque de sa surface. La presse hydraulique se compose essentiellement de deux cylindres communiquants, de diamètres inégaux, dans lesquels se meuvent des pistons formant joints hermétiques, ainsi que le représente la figure 38. L'espace compris au dessous des deux pistons est entièrement rempli d'eau. Si l'on fait descendre le piston du petit cylindre d'une certaine quantité, celui du grand s'élèvera d'une quantité moindre dans le rapport des deux sections, mais, en même temps, la force qui soulève le grand piston


Fig. 38.



est plus grande, dans le même rapport des sections, que la force exercée sur le petit. Ainsi, si le petit piston de la pompe a un diamètre de $0^m,03$, le piston de la presse de $0^m,36$, les sections seront dans le rapport de 1^2 à 12^2, soit de 1 à 144. Le grand piston s'élèvera donc de $\frac{10^c}{144}$, si le petit s'abaisse de 10 centim. Mais aussi, la force exercée de bas en haut par le premier sera 144 fois plus grande que la force exercée de haut en bas sur le second. Il en résulte, comme l'expliquait Pascal dès 1664, qu'avec ce rapport de diamètres, un homme agissant sur le petit piston fera équilibre à un effort 144 fois plus grand exercé sur le second; en d'autres termes, il pourra neutraliser l'effort de 144 hommes agissant à la fois sur la surface du piston de la presse. Si le petit piston est commandé par une machine à vapeur et soumis à un effort de 1,500 kilos par exemple de haut en bas, un plateau assemblé sur le grand piston pourra transmettre un effort ou exercer une pression de 144 fois 1,500 k. ou 216,000 kilos. Il suffirait d'ailleurs, pour augmenter cet effort, de faire varier le rapport des diamètres des pistons. Ainsi, si le piston de la pompe ayant toujours 3 centim. de diamètre, celui de la presse en a 42, les sections seront dans le rapport de 1 à 196, et le même effort de 1,500 kilos exercé sur le petit piston produirait sur le grand une pression totale de 1500×196, ou 294,000 kilos, tendant à le soulever.

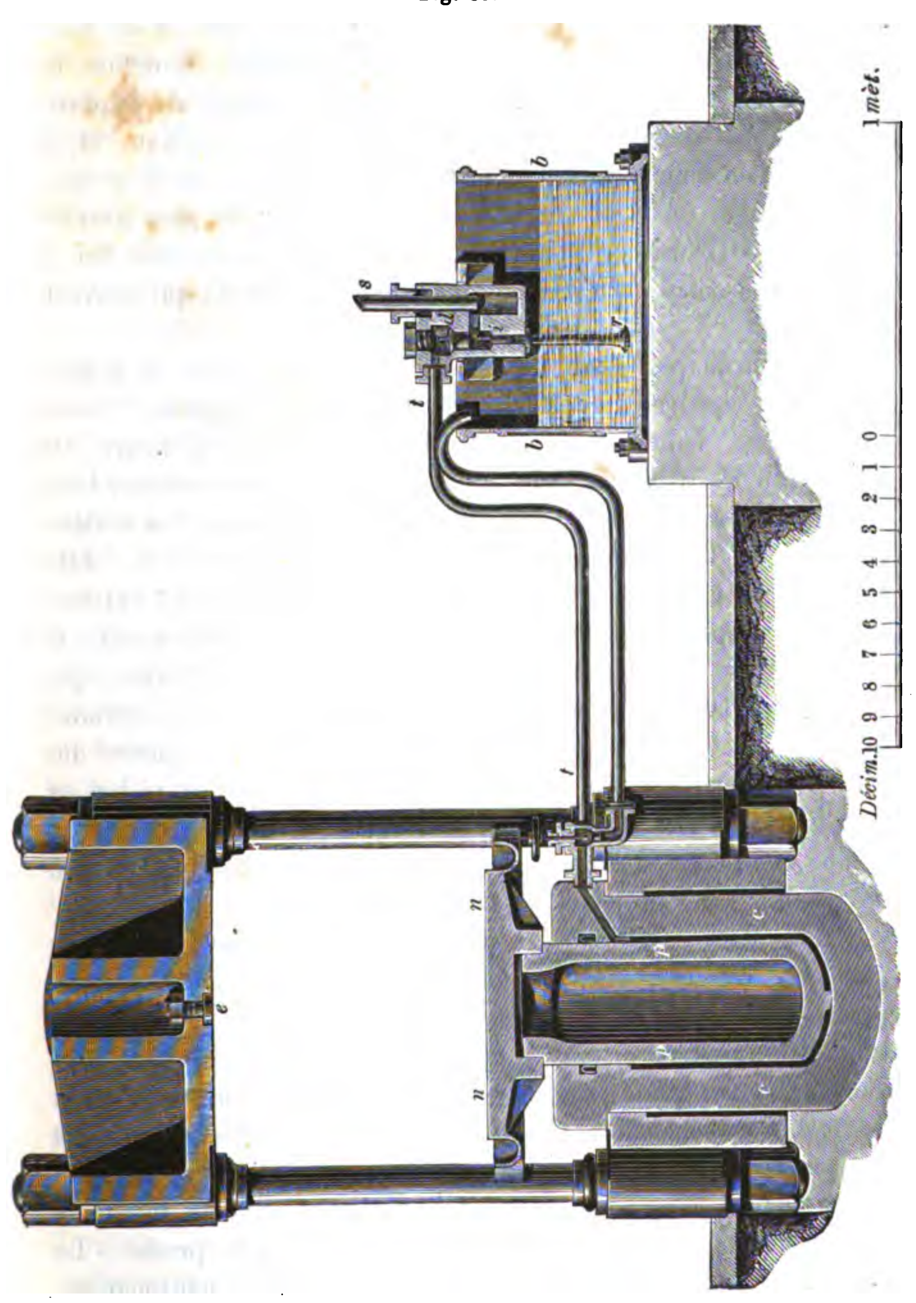
On voit que, pour augmenter la puissance d'une presse hydraulique, on doit, ou bien augmenter le piston de la presse, ou bien diminuer celui de la pompe. Mais comme le diamètre de ce dernier ne doit pas descendre au dessous d'une certaine limite sous peine de compromettre sa solidité, il est en général préférable d'augmenter le diamètre du grand piston. Toutefois, cette augmentation de diamètre exige un accroissement notable d'épaisseur pour les parois du cylindre dans lequel se meut le piston de la presse, et rend la fonte de ces cylindres plus difficile, tandis que pour de petits diamètres il est beaucoup plus facile de donner aux parois la résistance voulue. Aussi

a-t-on proposé, au lieu de faire varier le rapport des diamètres, de modifier simplement l'effort exercé sur le piston de la pompe, de façon à obtenir les pressions les plus énergiques avec un rapport donné entre les diamètres. Ainsi, supposons que l'on veuille produire comme plus haut une pression de 216,000 kilos avec un piston de 36 centim. de diamètre; la pression par cent. carré sera de 222 kilos environ, soit 220 atmosphères, et ce sera aussi l'effort auquel sera soumis chaque centimètre carré de la surface du petit piston; si l'on veut exercer le même effort avec un piston de 27 centim. seulement, la pression s'élèvera à 295 atmosphères. Mais, sous des pressions aussi considérables, les garnitures et les joints sont rapidement mis hors de service, et leur remplacement est une source d'ennuis incessants, tandis qu'avec des pressions plus faibles combinées avec un plus grand diamètre de piston, la marche du travail est sans contredit plus sure et plus facile. Aussi, partout où l'on veut produire des pressions considérables on n'hésite pas à augmenter le diamètre, malgré la nécessité qui en résulte d'augmenter les épaisseurs de fonte.

[Si l'on cherche par le calcul[1] le maximum de tension que peuvent supporter les réservoirs cylindriques soumis à une pression interieure élevée, ce qui est le cas des presses hydrauliques, on trouve qu'il faut admettre, pour la fonte, des valeurs comprises entre 3 et 5 kilogrammes par millimètre carré. Comme nous l'avons déjà fait observer, dans la construction des presses hydrauliques, l'établissement des cylindres présente d'autant plus de difficultés que l'épaisseur doit être plus considérable, on cherche donc quelquefois à réduire cette épaisseur, en admettant pour la fonte une pression maximum qui dépasse les chiffres donnés plus haut; mais il faut être sur, dans ce cas, de disposer d'une fonte de première qualité. L'expérience montre que l'on arrive à une matière très-convenable en faisant usage de fonte qui a été soumise à un certain nombre de fusions, et coulée chaque fois en plaques minces. L'addition d'une cer-

1) Reuleaux. Le constructeur, Libr. Savy.

Fig. 39.



taine quantité de fer dans le four à réverbère, (métal de Stirling), a donné aussi d'éxcellents résultats. Les parties les plus exposées correspondent aux sections longitudinales; toutefois, le cylindre se trouve également soumis à des efforts de rupture considérables dans les sections perpendiculaires à l'axe, et il importe d'en tenir compte surtout dans les parties où il se raccorde avec le fond: il convient donc d'apporter la. plus grande attention à ce raccordement qui ne devrait jamais être fait à angle vif, comme l'attestent les nombreux accidents qui peuvent être imputés à cette construction vicieuse.]

Ces principes posés, il est facile de comprendre la disposition des appareils et le jeu de leurs divers organes. Nous examinerons d'abord les pompes hydrauliques. La figure 39 représente le dispositif élementaire auquel on peut ramener tous les mécanismes plus ou moins compliqués. Lorsque l'on soulève le piston *s*, l'eau est aspirée de la bâche ou réservoir *b*. Elle traverse un grillage *r*, soulève la soupape *i* et remplit entièrement le corps de pompe. Lorsque le piston *s* redescend, la soupape *i* se referme sous la pression de l'eau refoulée, qui soulève le clapet *d* et arrive, par le tuyau *t*, dans le cylindre de la presse sous le piston *p*, qu'elle commence à soulever dès que tout l'espace laissé vide dans le cylindre par ce piston est rempli d'eau. Le clapet *d*, en se fermant à chaque coup de la pompe, empêche d'ailleurs l'eau envoyée sous le grand piston de revenir dans le corps de pompe.

Les figures 40 et 41 représentent la coupe suivant un plan vertical et l'élévation d'une batterie de pompes pour presses hydrauliques, telles qu'on les trouve fréquemment employées. Deux pistons *a* et *a'*, (figure 41), le premier d'un diamètre plus grand que le second, reçoivent leur mouvement de bielles commandées par des excentriques calés sur l'arbre de commande. La soupape d'aspiration *d* et le clapet de retenue *e* (figure 40), appartiennent à la pompe *a*. Un tuyau de communication conduit l'eau des deux pompes à la presse. Le mouvement alternatif des deux pistons se fait d'une manière continue, mais les pompes n'injectent de l'eau dans la presse

que dans des conditions déterminées. Au commencement de la pression, on fait travailler les deux pompes à la fois, la résistance de la pulpe au début étant très-faible; on détermine ainsi un mouvement d'ascension plus rapide du plateau de la presse. Mais, à partir de l'instant où la résistance sur la presse devient plus considérable, et où, par suite, l'eau doit arriver sous une pression plus forte, la grande pompe cesse de fonctionner, et la petite continue seule à fournir de l'eau, jusqu'à ce qu'on ait atteint le maximum fixé pour la pression. A ce moment elle cesse aussi son effet utile. Ces interruptions dans le jeu des pompes sont commandées par la pression même de l'eau qui agit automatiquement sur les organes de la pompe à l'aide d'une simple combinaison de leviers. Les figures 40 et 41 permettent de comprendre facilement la manière dont s'opèrent les variations de débit. Le petit contre-poids *h* commande le débrayage de la grande pompe *a*, pendant qu'un contre-poids analogue agit sur la petite pompe *a'*. Du reste, en dehors de ces contre-poids, le système est identiquement le même pour les deux pompes; chacune a son tuyau spécial d'aspiration, mais toutes les deux refoulent l'eau dans la même conduite. En temps normal, le contre-poids *h*, agissant par l'intermédiaire du levier *i*, maintient abaissée la tige *k* qui s'articule à une tige *n* mobile au dessous du siège de la soupape d'aspiration. Dans cette position, la tige *n* étant suffisamment abaissée, la soupape *d* est libre sur son siège; elle se soulève à chaque aspiration, se referme à chaque refoulement, et la pompe *t* injecte l'eau par la tuyau latéral représenté sur la figure 40 sous le piston de la presse. Mais bientôt, par suite de la résistance croissante qu'éprouve le piston de la presse, la pression de l'eau augmente dans les conduites. A ce moment, le petit piston *f*, mobile dans le tuyau vertical qui communique avec le tuyau d'injection, est soumis, de bas en haut, à une pression qui tend à le soulever. Lorsque cette pression est devenue assez forte pour faire équilibre à la charge due au contre-poids *h* qui s'exerce sur la tête du piston *f*, celui-ci se soulève et, dans son déplacement, entraîne le bras de levier *i*.

Fig. 40.

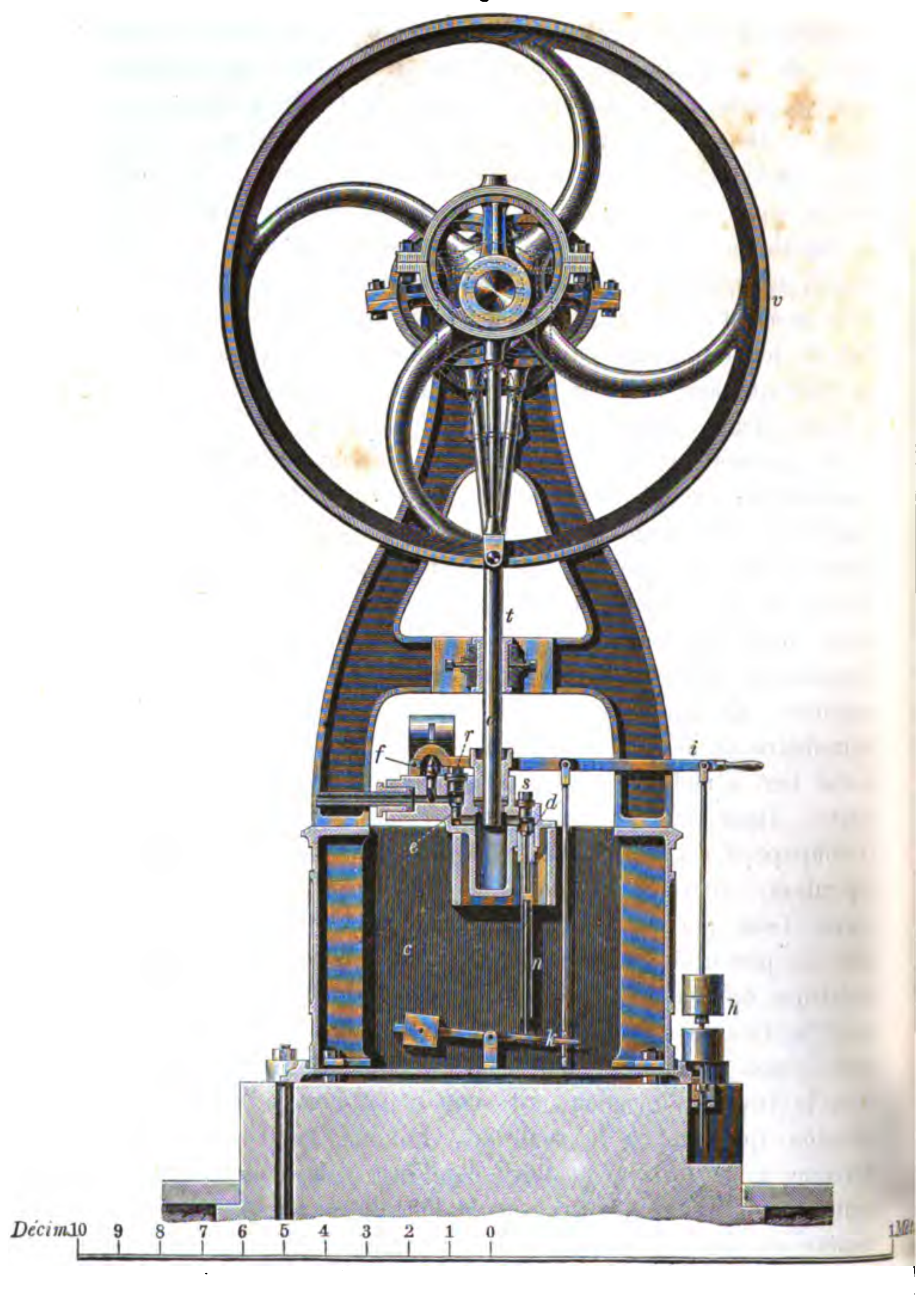
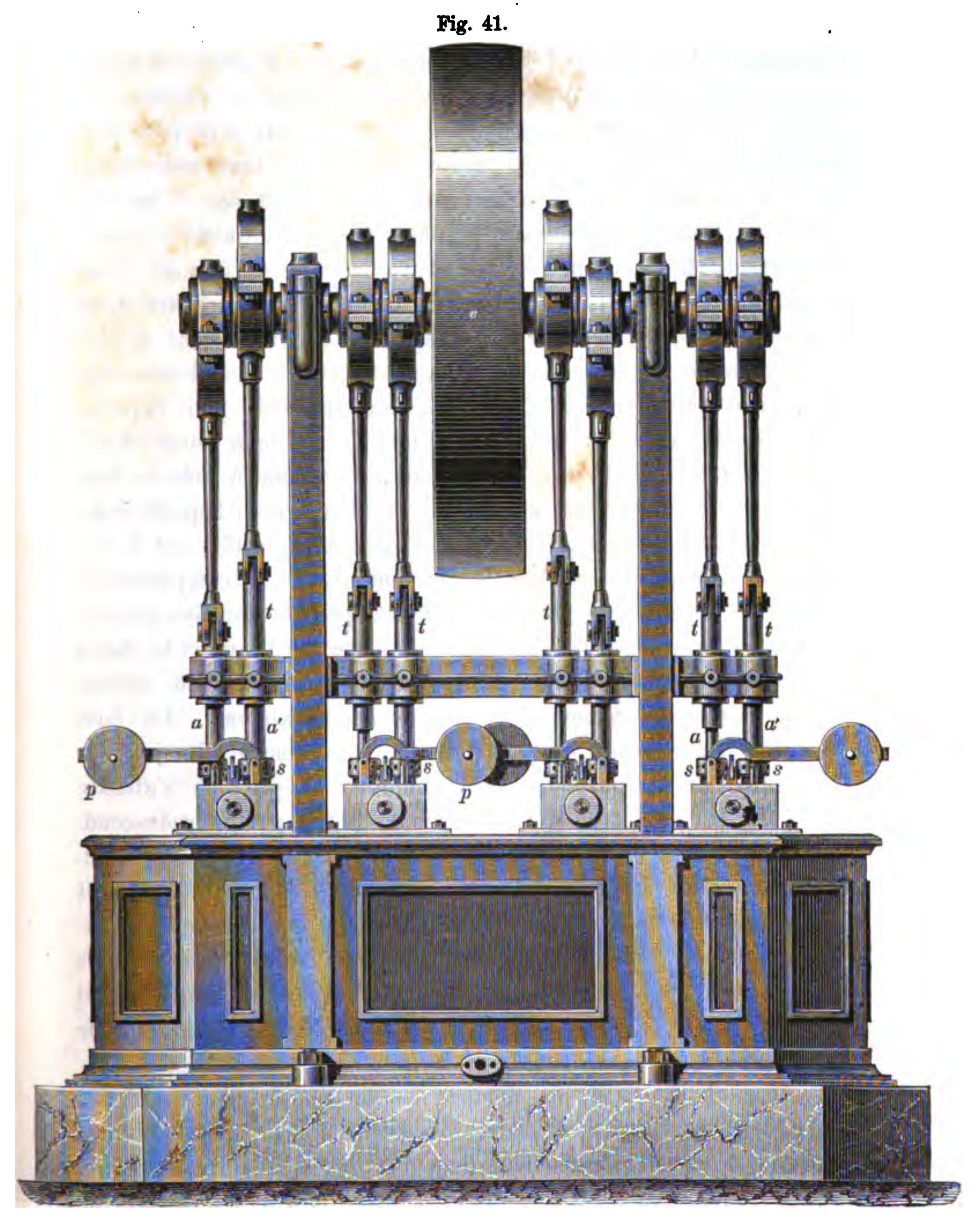


Fig. 41.



Dans ces conditions, le contre-poids appliqué dans la bâche à l'extrémité du levier *k* cessant d'être équilibré descend, la tige *n* se soulève et vient rencontrer la soupape *d* qu'elle déplace. A partir de ce moment, la soupape *d* soulevée par *n* ne peut plus retomber sur son siège; il en résulte, qu'à chaque mouvement de bas en haut du piston *a*, l'eau pénètre bien par *d* dans le corps de pompe, mais, dans la phase suivante, quand le piston redescend, la soupape *d* ne pouvant plus se fermer, l'eau s'échappe en reprenant le chemin qu'elle avait parcouru pour arriver au corps de pompe. L'appareil travaille donc à vide sans injecter d'eau dans la presse, et cet état de choses continue tant que la pression est plus forte que celle pour laquelle est réglé le contre-poids *h*. Dès-lors, la seconde pompe fonctionne seule; mais bientôt la pression, continuant à s'élever dans la presse, ne tarde pas à atteindre la charge pour laquelle cette pompe est elle-même réglée; sa soupape d'aspiration est à son tour maintenue ouverte par le jeu d'un dispositif complètement analogue à celui que nous avons décrit pour la première pompe. Les deux appareils cessent alors d'injecter de l'eau, et le clapet de retenue *e* étant fermé, le piston de la presse reste soumis d'une manière permanente à la pression maximum. Au bout d'un certain temps, et par suite de l'écoulement du jus, la résistance de la pulpe pressée diminue; la pression s'abaisse dans la presse, et le piston *f'* de la petite pompe redescend, le contre-poids *h'* n'étant plus équilibré par la charge de l'eau. Ce mouvement détermine l'abaissement de la tige qui soulevait la soupape, et celle-ci redevenant libre, la petite pompe recommence à envoyer de l'eau sous le piston de la presse. Ces alternatives de fonctionnement et de débrayage se reproduisent souvent deux et trois fois dans le cours du travail, selon le temps pendant lequel on laisse la pulpe en pression.

La charge sur les pompes ou le nombre d'atmosphères auquel elles travaillent varie beaucoup suivant les habitudes de chaque constructeur ou la demande des fabricants de sucre. Mais, ainsi que nous l'avons déjà expliqué, cette charge ne doit pas être trop forte, sans quoi on s'expose et à des dérange-

ments dans l'appareil et à la rupture des sacs dans lesquels est renfermée la pulpe. Il suffit de faire travailler la grande pompe à 80 ou 100 atmosphères, la petite à 180 ou 200. La charge *p* sur la soupape de sureté (figure 41), doit d'ailleurs toujours être un peu plus considérable que la charge qui débraie la pompe *a'*. Souvent, dans les grandes presses, on fait travailler la petite pompe jusqu'à 350 atmosphères et même au delà, mais on est bientôt forcé de réduire cette pression impossible dans la pratique, parce que, sous une charge aussi forte, aucun sac ne résisterait. On est donc amené, soit à diminuer le bras de levier sur lequel agit le contre-poids *h'*, soit à enlever quelques uns des disques qui forment ce poids. Il suffit d'ailleur d'en enlever assez peu pour réduire la pression d'une manière sensible, car les poids *h*, *h'* et *p* représentent, comme on le comprend à première vue, non pas la charge réelle par centim. carré, mais cette charge réduite dans le rapport des bras de levier successifs.

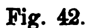
Dans les pompes munies du débrayage automoteur que nous venons de décrire, il est essentiel de veiller à ce que le piston *f* et la soupape de sûreté aient toujours leur jeu parfaitement libre, de façon à pouvoir accomplir leur effet en temps utile. Si, par suite d'un manque de soins, le piston *f* de la petite pompe et la soupape de sûreté ne fonctionnaient pas, la pompe continuerait à injecter de l'eau à des pressions de plus en plus fortes, jusqu'au moment où la rupture des tuyaux ou du cylindre permettrait à cette eau de trouver une issue, ou jusqu'au moment où l'une des pièces de la pompe elle-même serait mise hors de service. Il convient par suite de soulever de temps en temps pendant la marche les leviers de commande, pour s'assurer que les organes mobiles sont bien sensibles, et qu'aucun obstacle n'empêche leur fonctionnement régulier.

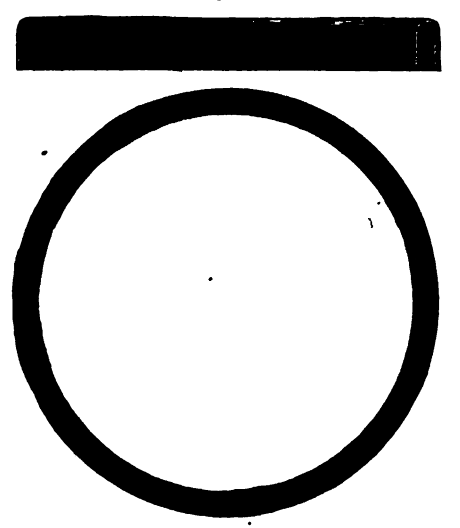
Il arrive souvent, pendant la marche, qu'on a à visiter et à enlever les soupapes *d* et *e*. Des ouvertures sont à cet effet ménagées au dessus des sièges dans le corps de pompe et fermées habituellement par des tampons à vis *s* et *r*. On ne

saurait apporter trop de soin au bon entretien de ces soupapes, et il convient qu'elles soient entièrement nettoyées et rodées au moins une fois par semaine. Il suffit en effet qu'il reste sur la soupape ou sur son siège quelques parcelles de matière, à peine visibles à l'oeil, pour que la fermeture ne soit pas hermétique. Du reste, on en est prévenu par la marche plus lente du piston de la presse; une partie de l'eau est en effet renvoyée dans la bâche à chaque refoulement, et d'autre part, pendant l'aspiration, le piston de la presse, perdant une certaine quantité d'eau, redescend d'une petite hauteur.

Le plus souvent, ces causes de perte sont dues à la présence sur le siège des soupapes de petits grains de sable en suspension dans l'eau et qui se trouvent entrainés avec elle. A ce titre, il est à peu-près indispensable d'employer, pour l'alimentation de la bâche, soit de l'eau condensée entièrement pure, soit au moins de l'eau filtrée.

Les tiges *t* constituent les guides des pistons des pompes qui sont commandées par les manivelles ou excentriques montés sur l'arbre moteur. Celui-ci reçoit son mouvement par l'intermédiaire de la poulie de commande *v*. Pour rendre étanche le joint du piston mobile avec le cylindre, on dispose, dans la gorge *k* du cylindre, une garniture en Gutta-percha épaisse et imprégnée d'huile. Cette garniture, dont la disposition se trouve indiquée plus clairement dans la figure 42, est formée d'un demi-tore obtenu par emboutissage. Les deux faces libres à la partie inférieure s'appliquent, par l'effet de la pression de l'eau, sur les parois du cylindre et du piston, et forment un joint d'autant plus parfait que la pression est plus considérable.


Fig. 42.



La batterie complète, ou jeu de pompes, représentée plus haut, actionne huit presses, chacun des corps de pompe fournissant l'eau à deux presses alternativement.

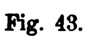


Fig. 43.

Au lieu de ce système des pompes, on emploie avantageusement la disposition représentée dans la figure ci-contre (fig. 43). Les trois pompes sont calées de façon à ce que la pression dans le cylindre s'exerce d'une manière à peu près continue et régulière. Les contrepoids sont disposés extérieurement, ce qui permet de contrôler d'un seul coup d'oeil la marche de chaque pompe. Enfin la machine à vapeur

Fig. 44.

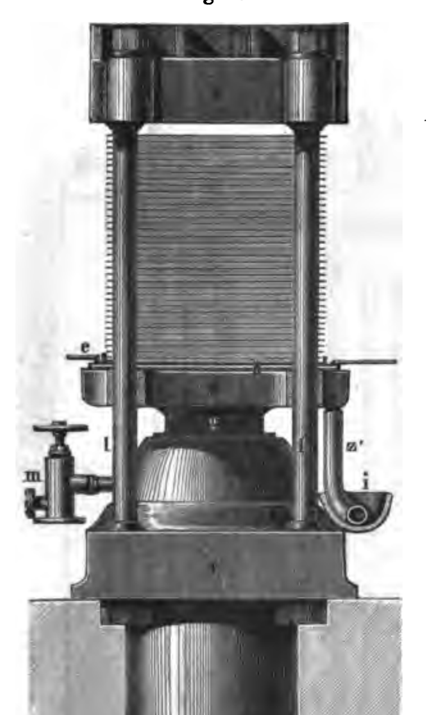
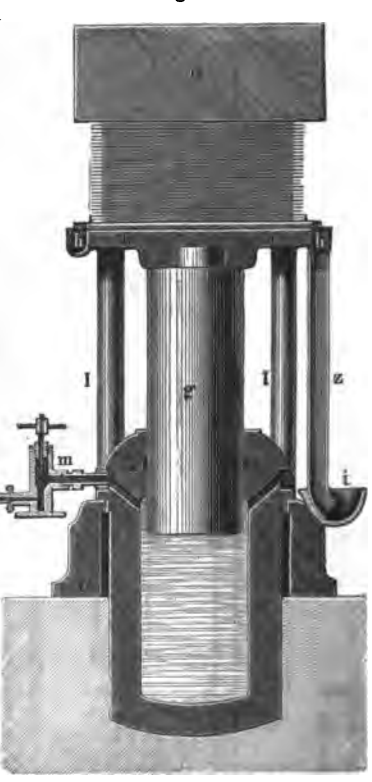


Fig. 45.



actionne directement les pistons sans transmission intermédiaire. Ces pompes installées dans beaucoup d'usines fonctionnent d'une manière très-satisfaisante.

Les figures 44 et 45 représentent une presse garnie, la première, avec le plateau en bas de sa course, la deuxième, en coupe, au moment où la pression est achevée. Le piston de la presse *g* porte un plateau robuste en fonte *h*, et le som-

mier supérieur *o o'* est relié d'une manière invariable au cylindre par quatre fortes colonnes *l l*. Entre le sommier et le plateau mobile se trouve la pulpe à presser. Cette pulpe est répartie dans des sacs aplatis que séparent des plateaux ou claies métalliques destinés à égaliser la pression sur tous les points.

Le jus extravasé de la pulpe se rassemble dans une gouttière *h'* ménagée tout autour du plateau inférieur, et coule de là, par un tuyau unique *z z'* en métal ou en toile, dans la rigole *i* d'où il se rend aux chaudières de défécation. Lorsqu'une pression est finie, on ouvre le robinet à soupape *m*. L'eau repasse de la presse dans les bâches, et le piston redescend avec son plateau et la charge de pulpe. Naturellement, le temps pendant lequel s'effectue cette descente dépend de la vitesse d'écoulement de l'eau. En général, on donne à l'orifice d'écoulement *m* une section de 3 centim., de façon à ce que la descente puisse s'opérer en une demi-minute environ.

La pulpe qui sort de la râpe doit, avant d'être soumise à la presse, être ensachée. [Cette opération se fait aujourd'hui mécaniquement. Le pelleteur le plus répandu est constitué par une sorte de cuillère en fonte montée à l'extrémité d'une tige rigide animée d'un mouvement de va et vient vertical; la cuillère, qui est mobile autour d'un axe perpendiculaire à la tige, est équilibrée de façon à garder une position horizontale et à reprendre d'elle même sa position normale quand on l'en a dérangée momentanément. Par suite du mouvement de la tige, la cuillère est plongée dans le bac, où elle se remplit de pulpe, et vivement relevée; mais, en atteignant la hauteur convenable, elle vient se heurter contre un taquet fixe et opère un mouvement de bascule pendant lequel elle se vide: l'ouvrier n'a dès lors qu'à tendre le sac pour recevoir la pulpe. La cuillère reprend sa position, descend dans le bac, se remplit de pulpe, remonte et se vide encore dans le nouveau sac qui lui est présenté, et ainsi de suite: avec des ouvriers exercés, on peut faire donner au pelleteur jusqu'à 18 coups à la minute; d'ailleurs, lorsqu'un coup est manqué, la pulpe retombe directement dans le bac.

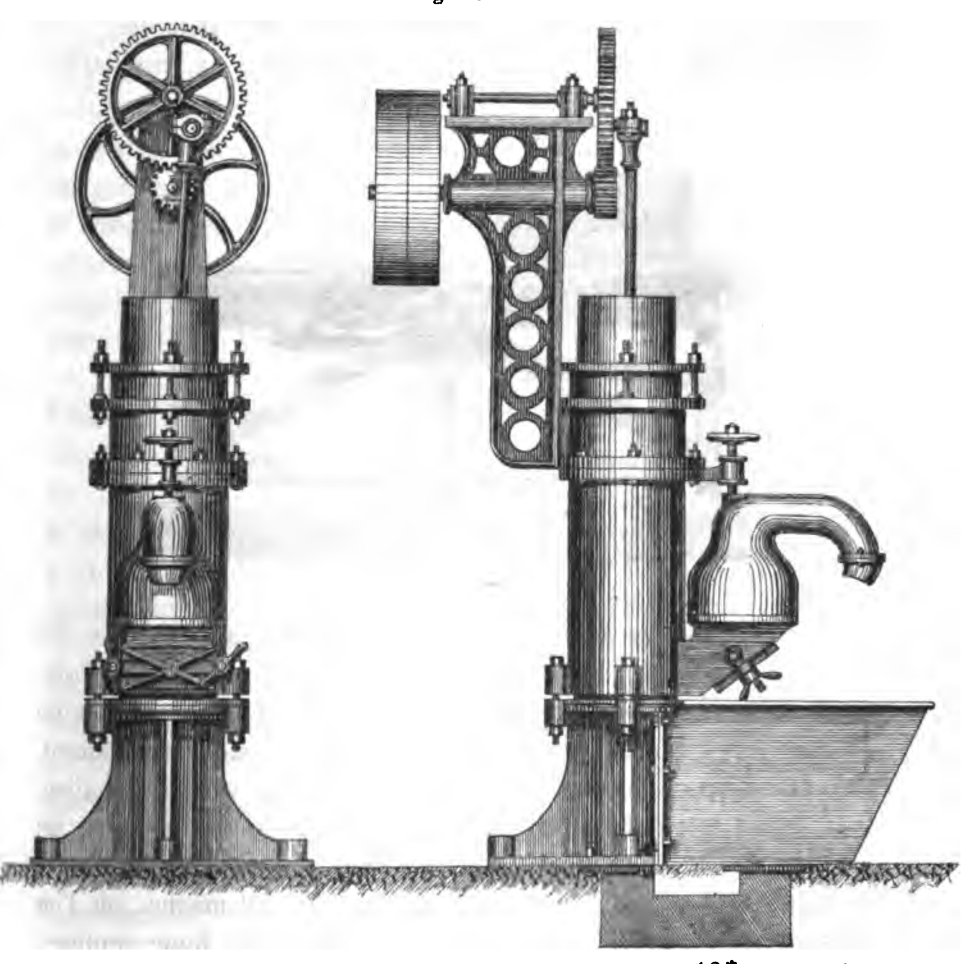
Ces pelleteurs prennent naturellement la pulpe toujours au même endroit, aussi est-il nécessaire de la bien mélanger dans le bac: à cet effet, on peut disposer au fond une vis sans fin qui communique à la pulpe un mouvement d'avancement régulier et l'amène pour ainsi dire par ordre de production à l'endroit où puise le pelleteur. Il est indispensable d'adopter cette disposition quand une râpe doit desservir plusieurs pelleteurs, ce qui se présente fréquemment. Toutefois, il est encore préférable, dans ce cas; de recourir aux pompes à pulpe: ces pompes fonctionnent régulièrement et ont l'avantage de pouvoir servir un atelier de presses même éloigné de la râpe. Un appareil de ce genre, construit par Jolly, est représenté dans la figure 46.

Le tuyau de dégorgement est recourbé de sorte que l'ouvrier peut y présenter aisément le sac dans lequel la pulpe est projetée à chaque coup de piston, et la course du piston peut être réglée de façon à ce que le sac reçoive en une seule fois la quantité de pulpe nécessaire pour l'emplir. Un embrayage à la main de l'ouvrier permet d'arrêter le jeu de la pompe dans l'intervalle qui sépare la confection de deux piles; d'ailleurs, la pulpe provenant des coups manqués retombe dans un petit bac spécial, dans lequel la pompe aspire, le coup suivant, avant d'aspirer dans le bac à pulpe. Les organes de cet appareil ne sont pas délicats et sont par suite peu sujets à se déranger; en outre, des regards, faciles à ouvrir, permettent de visiter et de dégorger instantanément une pompe qui n'aspirerait plus par suite de la présence d'un corps étranger, ou d'une semelle de betterave, dans les clapets. On conçoit que quand on fait usage de ces pompes on peut recouvrir complètement le bac, ce qui constitue un sérieux avantage au point de vue de l'altération, si rapide, que la pulpe subit au contact de l'air; il serait même facile d'opérer, dans ce cas, au sein d'une atmosphère d'acide carbonique, comme quelques chimistes l'ont conseillé. — Toutefois, à côté de ces avantages très-réels, nous signalerons ici quelques inconvénients inhérents à la nature même de l'appareil: la pompe a grande tendance à aspirer, tout

d'abord, les portions les plus liquides; il s'ensuit que, parfois, le sac se remplit trop, et de jus seulement, tandis que le coup de piston suivant amène de la pulpe trop épaisse et en quantité insuffisante. De plus, pour que l'aspiration soit possible, il faut ajouter une assez forte proportion d'eau à la pulpe: on pourrait cependant tourner cette dernière difficulté en employant à la râpe les petites eaux des filtres et autres déchets de fabrication].

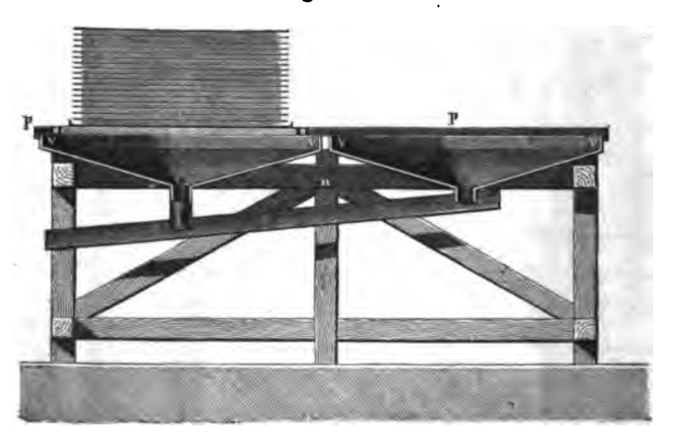
A mesure qu'ils sont remplis, les sacs sont mis en pile sur une table à surface parfaitement unie, établie devant les

Fig. 46.



presses, et disposée de façon à ce que le jus qui tombe s'écoule entièrement, et en peu de temps. Des inégalités dans la surface de la table amèneraient en certains points de dépots de jus stagnant, qui entrerait en fermentation et communiquerait son altération au reste des liquides. Autrefois, les tables à ensacher étaient en bois, recouvertes d'une feuille de cuivre. Cette disposition était mauvaise, les retraits du bois déterminant des inégalités dans la surface. De même, les tables en zinc sont exposées à des avaries par les coups ou les chocs. Aussi, préfère-t-on maintenant employer des tables en fonte, qui peuvent être parfaitement dressées et qu'il est facile d'entretenir propres, surtout si on les recouvre d'une couche de peinture. La figure 47 représente la coupe verticale d'une de ces tables:

Fig. 47.



tout autour est ménagé un rebord *v* destiné à empêcher les pertes de matière. Les parois inférieures de la table sont fortement en pente vers le milieu, où se trouve un orifice *o*, et un conduit qui ramène le jus à la rigole générale d'écoulement. Sur les deux rebords opposés de la table et vers son milieu, sont fixés, suivant la longueur, des barreaux métalliques au nombre de deux ou trois, *p p*, destinés à supporter les claies chargées et à en faciliter la manœuvre. En Allemagne, où l'on emploie pour recevoir la pulpe des serviettes en laine repliées,

le travail s'effectue de la façon suivante: l'ouvrier dispose d'abord sur les barres *p p* une claie métallique ou en jonc tressé; par dessus, un cadre en fer un peu plus petit et destiné à régler les dimensions du sac de pulpe. Sur le cadre on étale une serviette carrée en laine, de façon que les coins pendent à peu près au milieu des quatre côtés du cadre. A ce moment, un second ouvrier verse avec une pelle sur le milieu de la serviette la charge voulue de pulpe. La matière semi-fluide est répartie avec les deux mains sur toute la surface tracée par le cadre et d'une manière uniforme, puis on rabat par dessus, aussi également que possible, les quatre coins de la serviette. L'ouvrier enlève alors le cadre, et place sur le premier lit une seconde claie; sur cette claie il prépare de même une seconde serviette qu'on charge d'une nouvelle claie, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la charge ou la pile ait atteint la hauteur voulue. En général, on doit éviter de superposer ainsi sur la table de préparation plus de 30 ou 33 claies. Des piles plus élevées, (certains fabricants les font de 50 ou 60), exigent plus de temps, plus de peine, et il est difficile de les établir parfaitement égales.

La charge ainsi préparée est ensuite envoyée à la presse. A cet effet, l'ouvrier, les mains protégées par des gants, prend une à une les claies avec le sac qu'elles portent, et les dispose sur le plateau jusqu'à ce que la charge arrive au sommier. A cet instant, on commence la pression en ouvrant le robinet d'introduction d'eau. (Ce robinet occupe, sur la figure 42, la position symétrique du robinet de vidange.)

Pendant que la pression s'exerce, les claies qui séparent les sacs tendent souvent à se renverser. Pour éviter cet inconvénient, les presses portent de chaque côté deux fortes barres en fer mobiles, destinées à servir de guides et à maintenir la pile verticale pendant le mouvement ascensionnel du plateau. Ces guides s'engagent par le bas dans des trous du plateau et, à la partie supérieure, dans des mortaises ménagées dans le sommier. Pendant le chargement de la presse, on retire les guides d'un des côtés; pendant le déchargement, on enlève les

guides opposés. Cette manœuvre se fait à l'aide de chaînes qui, s'attachant en haut au guide, passent sur des rouleaux. Bien que ces barres soient indispensables pour les piles élevées, on n'en doit pas moins constater qu'elles donnent lieu à de nombreux inconvénients. Si la pile dévie pendant la pression, les claies s'arcboutent sur les guides, se voilent, et souvent, la pression latérale qui en résulte pour le sommier force l'appareil et le met hors de service. D'autre part, si la mise en pile n'a pas été faite soigneusement, les serviettes débordent souvent, se prennent entre la claie et les guides et se déchirent pendant le mouvement du piston. Cependant, on ne pourrait arriver à supprimer les guides qu'en faisant des sacs très-larges et des piles très-peu élevées, en mettant, par exemple, par chargement, trente sacs à 80 centimètres de côté au lieu de 60 sacs à 45 centimètres comme on le fait d'habitude. La surface plus grande de la base et sa moindre hauteur donnent alors à la pile une stabilité plus considérable et qui dispense de guides.

Dans quelques fabriques, on exerce sur les piles une pression préparatoire en les chargeant, quand elles sont montées dans la presse, d'un lourd plateau métallique dont le poids suffit pour réduire le volume des sacs remplis de pulpe fraiche. De la sorte, on peut soumettre à chaque pression un nombre de sacs plus considérable.

Cette pression préparatoire se fait lorsque la pile a atteint au plus les deux tiers de sa hauteur. Elle s'exerce donc en moyenne sur 22 sacs dont la hauteur se réduit de 6 à 10 %. Au lieu d'opérer dans ces conditions, il serait plus rationnel de charger d'un poids la pile entière de 33 sacs, et d'opérer ce travail sur la table même, au lieu de le faire sur la presse. L'action s'exercerait ainsi sur un plus grand nombre de sacs, et, rien ne limitant la hauteur comme dans la presse, on pourrait donner à la plaque un poids plus considérable. Les sacs perdraient par cette opération la partie des liquides qui s'extravase facilement (10 % environ). On réduirait ainsi les pertes de jus, et, d'autre part, la pulpe étant plus consistante, il serait plus

facile de monter les piles bien d'aplomb, et de répartir la charge sur toute leur surface.

Du reste, dans beaucoup d'usines et notamment en France, on fait usage. dans le même but d'un appareil spécial, la presse préparatoire, à action très-rapide mais à pression assez faible, sous laquelle on fait passer les piles avant de les disposer sur le plateau de la presse hydraulique. [Ces presses sont ordinairement à engrenages. Le plateau compresseur est adapté à l'extrémité d'une forte vis, qui se meut librement dans un écrou fixe, et peut, par suite, communiquer au plateau un mouvement vertical d'ascension ou de descente: la vis est mue par l'intermédiaire d'une roue à engrenage. Quand la pile est montée, on pousse un mécanisme qui met la vis en mouvement: le plateau s'abaisse, et fait diminuer la pile de moitié en lui enlevant à peu près 45 % de jus; quand il a atteint la limite de sa course, il prend automatiquement un mouvement inverse. Ce double mouvement est obtenu par le jeu de deux courroies, l'une croisée, l'autre droite, qui peuvent passer chacune sur deux poulies dont l'une est folle. Quand, par exemple, la courroie non croissée est sur la poulie fixe et la courroie croisée sur la poulie folle, le plateau descend: pour la disposition inverse, il remonte. Le passage des courroies sur l'une ou l'autre poulie se fait à la main pour le départ; le changement se fait, pour l'ascension, par un système de leviers que le plateau fait agir directement. Cette presse est de beaucoup la plus recommandable: toutefois, on peut aussi déterminer la pression préparatoire au moyen de la vapeur, ou même hydrauliquement quand on dispose d'un compensateur].

Généralement, les serviettes de laine qui reçoivent la pulpe sont remplacées par de véritables sacs. Il est clair, d'après la description du travail donnée plus haut, que les sacs doivent permettre une pression beaucoup plus uniforme que les serviettes. Nous avons vu qu'avec celles-ci on rabattait par dessus la pulpe les quatre coins de la serviette; l'étoffe se trouve donc sur 2 épaisseurs suivant les diagonales, et, au milieu, sur quatre, tandis que l'épaisseur devrait être la même sur toute la surface,

si l'on voulait exercer une pression uniforme sur toute la pulpe. Cette surépaisseur considérable de toile ajoutée au milieu et suivant les diagonales détermine une pression beaucoup plus forte sur les parties de pulpe qu'elle recouvre que sur le reste de la surface. Il suffit d'ailleurs, pour se convaincre que la répartition de la pression est vicieuse, d'ouvrir une serviette à la sortie de la presse et d'examiner le tourteau de pulpe produit.

En employant des sacs fermés, on évite cette inégalité dans la pression. La pulpe se répartit uniformément à l'aide d'un rouleau de bois, et il suffit, pour la fermeture, de rabattre la partie ouverte du sac. En ayant soin d'effectuer ce recouvrement alternativement d'un côté et de l'autre, l'ensemble de deux sacs superposés donne une couche uniformément épaisse. La pile entière se tasse donc également, et la pression mieux répartie donne des rendements plus satisfaisants.

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, le chargement de la presse se fait presque toujours en prenant les claies une à une. Ce mode de travail est évidemment vicieux dans la pratique. L'ouvrier presseur, placé entre la table et la presse doit prendre chaque claie à deux mains et se retourner pour la déposer sur la pile en construction. Les bords aigus des claies abiment ses mains s'il n'a pas la précaution de les protéger par des gants, et les coupures s'irritant par l'introduction du jus des betteraves dans les plaies, l'ouvrier ne peut plus au bout de peu de temps continuer son travail. D'un autre côté, ce transport une par une des claies exige beaucoup de temps et entraine une perte notable de jus; l'ouvrier devant forcément tenir le plateau plus ou moins incliné, le liquide qui restait à sa surface tombe à terre. Ces considérations m'ont amené à remplacer cette main d'œuvre pénible par un dispositif, représenté dans les figures 48 et 49, à l'aide duquel on peut amener sous la presse ou retirer d'un seul coup la pile toute entière.

Conservant la table préparatoire décrite plus haut, je lui donne une hauteur telle que les barres *p p* soient exactement

au niveau du plateau dans sa position inférieure. De l'autre côté de la presse et au même niveau, se trouve une petite table *w* de déchargement, solidement fixée au sol. Sur cette table est un pignon *y*, dont les dents engrènent dans les maillons d'une chaîne *z*. Cette chaîne sans fin s'agraffe à un

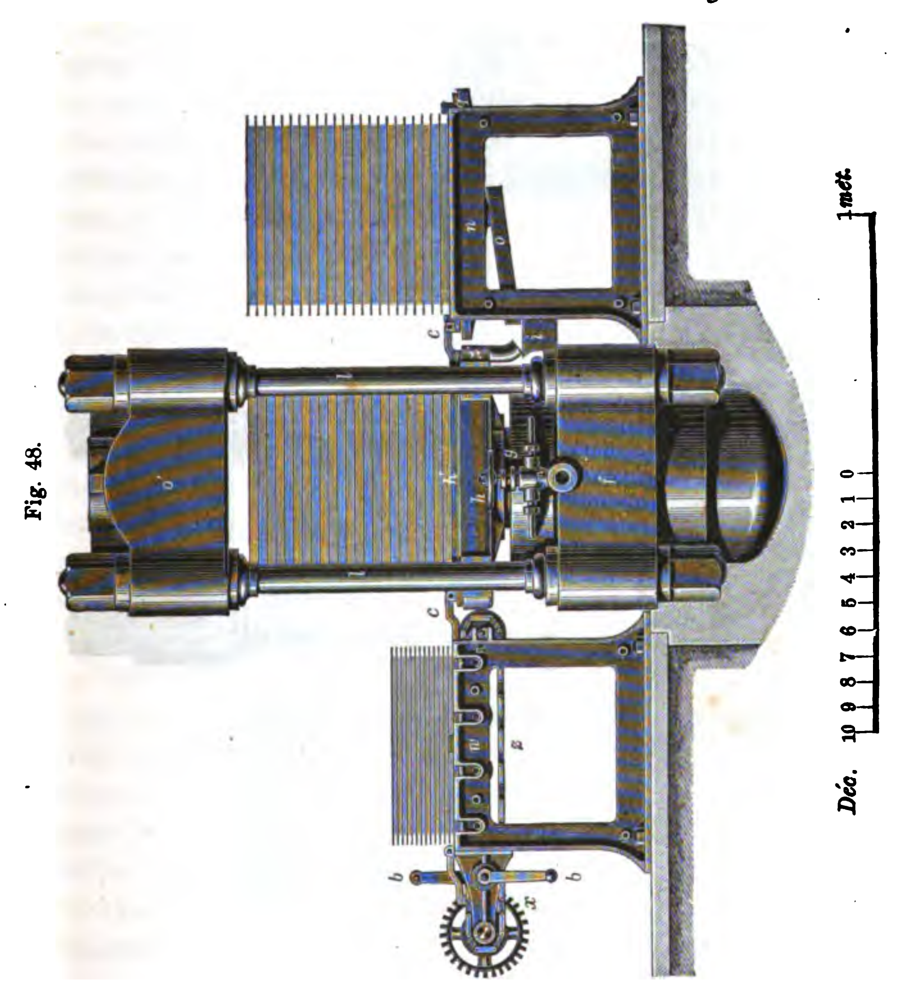


Fig. 48.

crochet *z'* qui peut lui-même s'engager dans un anneau ménagé sur le plateau qui forme la base de la pile, de sorte que la pile suit le mouvement de la chaîne. Le pignon *y* reçoit son mouvement de la manivelle *b* par l'intermédiaire des roues *a* et *x*. Dans ces conditions, la manœuvre des presses est très-

facile, et un enfant peut retirer de la presse la pile qui a reçu la pression voulue, en même temps qu'il amène sur le piston la pile disposée sur la table préparatoire. Il suffit ainsi d'une demi-minute pour décharger et recharger une presse, et l'on n'a à craindre aucune perte de jus, tandis qu'avec le mode

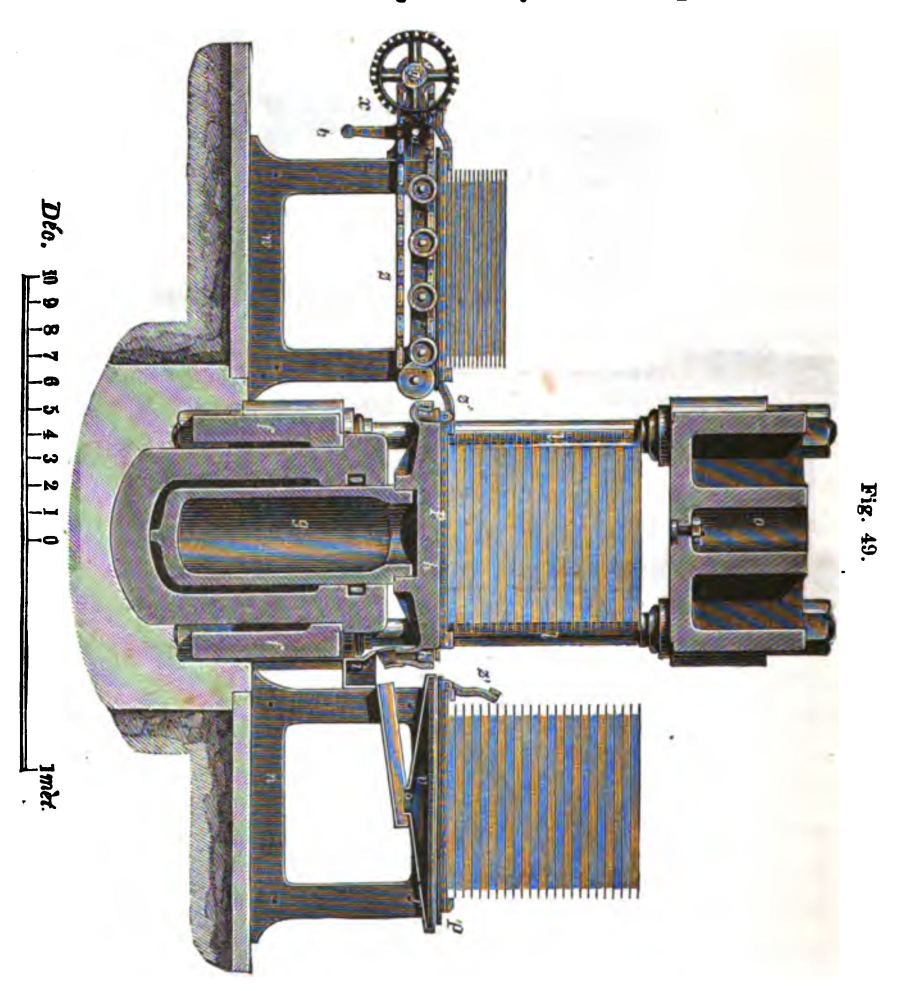


Fig. 49.

ordinaire ces opérations durent 10 minutes, et entraînent des déchets notables. Du reste, ce dispositif a été sanctionné par la pratique d'un très-grand nombre de fabricants, et il est adopté aujourdhui à toutes les nouvelles presses par plusieurs constructeurs, notamment par MM. Cail et Halot de Paris.

Avec ce mode de chargement, il n'est plus possible, comme autrefois, d'alimenter deux presses avec une seule pompe; chaque appareil doit avoir son alimentation spéciale, puisque, en dehors du temps insignifiant des chargements, la presse est toujours en activité.

Après avoir exposé dans les pages qui précèdent la marche générale du travail, il ne sera pas sans intérêt d'étudier de plus près les questions relatives au rendement et à la durée de la pression. Au début, on fait toujours monter le piston rapidement (voir plus haut), attendu que, dans cette période, la pulpe ayant toute son élasticité, le jus s'écoule rapidement sans que les sacs en souffrent. Dans cette première phase de l'action du piston, j'ai trouvé par de nombreuses expériences que la pression pouvait s'élever à 25 ou 30 atmosphères.

Si l'on admet que la section totale des pistons des deux pompes soit de 25 centim. carrés, leur course de 10 centim., et qu'ils donnent 42 coups à la minute, au début, les deux pompes travaillant à la fois injecteront sous le piston de la presse un volume d'eau égal à $0^l,25 \times 42$, soit $10^l,50$ par minute. Si le piston de la presse a un diamètre de 32 centimètres soit 768 centim. carrés, ce piston s'élèvera par minute de $\frac{10500}{768}$ soit 13^c7. Si, d'autre part, la pile a 90 centim. de hauteur au début, la résistance commencera à devenir assez grande lorsque le piston aura parcouru 36 centimètres, c'est-à-dire au bout de 3 minutes environ. A cet instant, la grande pompe est débrayée, et la petite doit fonctionner seule, sans quoi la compression trop rapide amènerait la rupture des sacs. Si le piston de la petite pompe a $30^m/_m$ de diamètre soit 7 centimètres carrés de section, pour une course de 10 centimètres et 40 coups à la minute, le débit de la pompe sera de $2^l,80$ par minute et le piston de la presse s'élèvera par minute de $\frac{2800}{768}$ soit $3^c,7$. Or, la course totale à parcourir par ce piston est de 48 centimètres environ pour que la pression soit complète, et, comme il en a déjà fait 36 sous l'action des deux

pompes réunies, on voit que la petite devra travailler seule pendant $\frac{12}{3,7}$ soit $3^m,2$. La durée totale de la pression sera donc de 6 minutes 2 dixièmes; mais, comme dans les calculs précédents nous avons pris pour les pompes leur débit théorique, on peut compter que cette durée est d'environ 9 à 10 minutes, en admettant que les deux pompes travaillent dans des conditions normales, et que leur soupapes tiennent convenablement la pression. Pour s'assurer que l'injection de l'eau se fait bien à chaque coup, il suffit de suivre avec le doigt la marche du plateau de long de ses colonnes. On pourrait dans le même but mesurer les déplacements à l'aide d'une échelle rapportée sur l'une des colonnes. Mais on n'obtient ainsi qu'un contrôle indirect de la marche des pompes, et il est en tout point préférable de vérifier le fonctionnement des appareils sur la pompe elle-même, en observant les indications d'un manomètre branché sur le tuyau d'eau comprimée. Ce manomètre, en même temps qu'il accuse toutes les irrégularités de marche fournit des données beaucoup plus précises et plus exactes sur les variations de la pression.

La figure 50 représente la vue du mécanisme intérieur d'un manomètre métallique de presse hydraulique. La pression de l'eau s'exerce dans l'intérieur d'un tube creux métallique à section elliptique *a b*, dont l'extrémité inférieure est fixée invariablement, tandis que l'autre extrémité est libre et se déplace par l'effet des variations de forme qu'entraînent les pressions successives de l'eau. Ces déplacements qui mesurent la pression se transmettent, à l'aide de tringles de renvoi et d'un secteur denté, à un pignon dont l'axe porte une aiguille extérieure, mobile sur un cadran divisé. Il suffira donc d'avoir pour chacune des pompes un manomètre de ce genre, pour en contrôler la marche d'un coup-d'œil.

Une aiguille mobile et qui sert d'index permet de suivre plus facilement les changements de pression.

Si l'on a eu soin de marquer sur le cadran les points où chacune des pompes doivent débrayer, la position des aiguilles

indique immédiatement si les débrayages fonctionnent bien. Or, c'est un point important, car si les pompes cessent d'agir trop

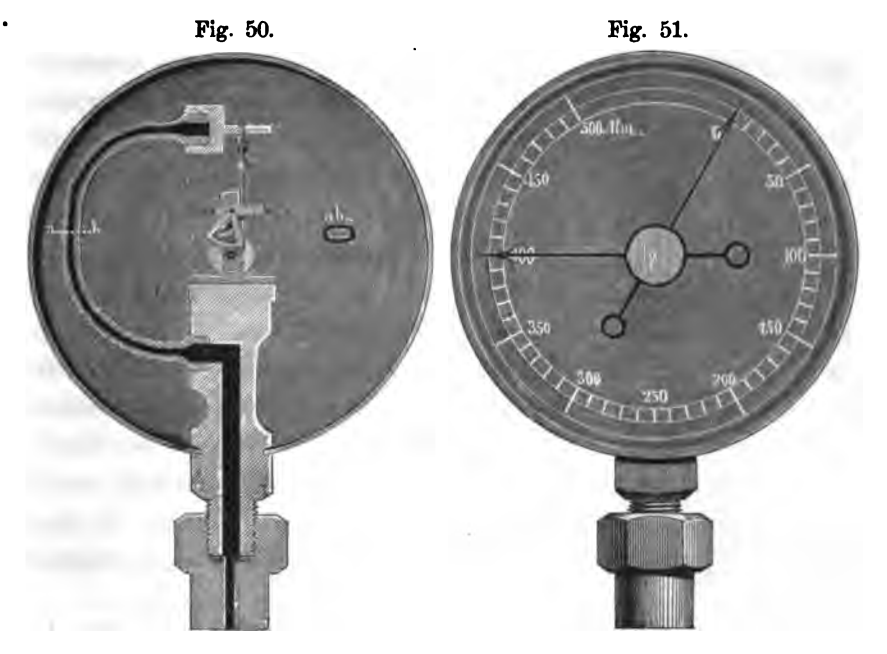


Fig. 50. Fig. 51.

tôt, la course du piston de la presse est moins considérable, la durée de la pression diminue. Si au contraire l'action des pompes se prolonge trop, les sacs soumis à un effort trop grand se déchirent. Le contrôle doit surtout s'exercer sur la petite pompe, et il importe de s'assurer qu'elle atteint bien toujours la pression maximum pour laquelle elle est réglée. Il peut arriver en effet, si l'on se borne à un examen superficiel, ou si l'on se fie à la vitesse du plateau, que la pression ne s'élève pas au nombre d'atmosphères voulu, sans que l'on s'en aperçoive, et l'on est exposé dès-lors, et à un épuisement insuffisant de la pulpe, et à de mauvais rendements en jus. L'aspect des tourteaux pressés sur lequel on se guide souvent, non plus que l'analyse de la pulpe au point de vue de sa teneur en jus ou en sucre, ne sauraient fournir un critérium exact du bon fonctionnement des presses, car on ne peut guères constater ainsi que des variations de 6%, soit en plus, soit en moins, dans le rendement en jus. D'ailleurs, ce mode de contrôle a

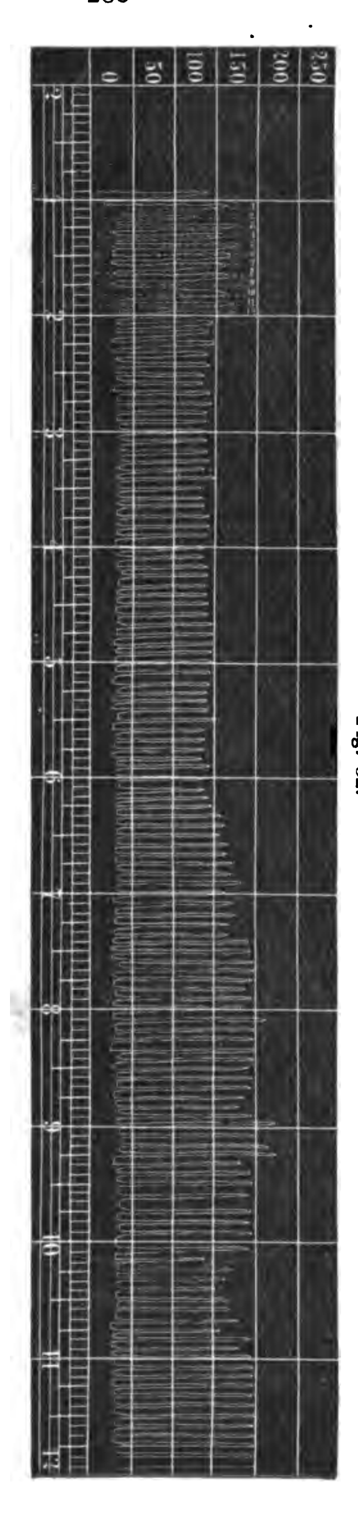


Fig. 52.

l'inconvénient de ne s'exercer qu'à postériori, alors qu'il n'est plus temps de remédier aux imperfections de travail qu'il révêle. Le manomètre, au contraire, donne des indications précises pendant la marche; il permet de recharger au besoin les contre-poids des pompes, et bien que les réglements ne l'imposent pas pour les presses comme ils le font pour les chaudières à vapeur, tous les fabricants devraient en munir leurs appareils. — Le manomètre ne saurait d'ailleurs être suppléé, en ce qui concerne les indications de pression, par la soupape de sûreté, qui ne se soulève qu'au moment où la pression maximum est atteinte, et où il serait imprudent de continuer à refouler l'eau.[1]

Dans les fabriques où toutes les pompes sont branchées sur le même tuyau général d'eau comprimée, on se contente souvent de mettre un seul manomètre sur ce tuyau, mais, dans ces conditions, il est difficile de contrôler d'une

1) Le manomètre permet d'ailleurs de mesurer la force vive de l'eau, au moment où elle arrive sous le pistion. Le choc qui en résulte détermine souvent un excès de 10 ou 20 atmosphères sur la pression normale prise comme maximum, et c'est de ces coups de bélier que proviennent le plus souvent les ruptures du cylindre. Aussi, a-t-on souvent avantage à employer pour le cylindre, au lieu de fonte, de l'acier fondu qui offre une bien plus grande résistance. On peut, en se servant de l'acier, réduire l'épaisseur, et par suite le poids, de manière à compenser en partie la plus-value de la matière. En Angleterre, on est dans l'usage, pour augmenter la résistance du cylindre, de faire le fond avec une pièce rapportée.

manière suivie la marche de chaque pompe, et la vérification devient à peu près impossible dans les grandes installations où l'on actionne 12 pompes, et souvent plus.

Nous signalerons également ici un appareil manométrique récemment introduit dans la pratique, et destiné à enregistrer les pressions successives. La partie mobile du manomètre porte un crayon qui appuie sur une bande de papier, et dont la hauteur varie avec l'intensité de la pression. Le papier reçoit d'un mouvement d'horlogerie une avance continue, de sorte que la pointe du crayon y laisse la trace des pressions. Comme le papier employé est quadrillé à l'avance, les divisions verticales correspondant aux heures successives de la journée, tandis que les lignes horizontales expriment les pressions en atmosphères, il suffira d'un coup d'œil sur le papier à la fin de la journée pour connaître le nombre des pressions effectuées par chaque appareil, le chiffre maximum de pression réalisé ainsi que les diverses conditions de marche.

La figure 52 ci-dessus reproduit, d'après une tracé de l'appareil, les courbes qu'on obtient ainsi pour représenter les pressions.

[Au lieu de faire agir les pompes directement sur les presses hydrauliques, on peut mettre ces dernières en pression par l'intermédiaire d'un récipient unique dans lequel un appareil puissant, généralement composé de deux pompes conjuguées, refoule constamment une quantité d'eau supérieure à celle qui peut être consommée par toutes les pompes fonctionnant simultanément. Ce récipient est muni d'un flotteur à contre-poids qui s'élève ou s'abaisse suivant que la pression tend à augmenter ou à diminuer; c'est donc, en quelque sorte, un régulateur qui amortit les coups de bélier et maintient, d'une manière sensiblement constante, la pression au maximum déterminé par la charge du contre-poids. On conçoit d'ailleurs que cette pression puisse être régulièrement et intégralement transmise à chaque presse qui sera reliée au récipient. C'est sur ces données, utilisées déjà dans de nombreuses applications industrielles, que Mr. Lecointe, de St Quentin, a construit un compensateur très-

employé dans les sucreries. Cet appareil est essentiellement composé d'un réservoir cylindrique vertical dans lequel se ment un piston chargé d'une série de poids en rapport avec la pression que l'on désire atteindre. Des tuyaux branchés sur le cylindre distribuent l'eau à toutes les presses dont le fonctionnement régulier et indépendant est obtenu au moyen d'un jeu de soupapes habilement disposées. Deux dispositifs indépendants assurent encore l'arrêt immédiat de toute injection d'eau dans le réservoir quand le piston atteint la hauteur qu'il ne doit pas dépasser: l'un détermine le débrayage automatique des pompes, l'autre ouvre une issue à l'excès de liquide injecté. L'amortissement des coups de bélier et la régularité de la pression rendue indépendante de l'ouvrier, constituent des avantages sérieux qui justifient le bon accueil fait au compensateur Lecointe dont l'emploi tend à se généraliser].

Après avoir décrit les appareils employés pour presser la pulpe, il nous reste à apprécier leurs effets et leur rendement.

Avec un piston de presse du diamètre de 32 centimètres et une pression de 180 atm., nous avons vu que la pression totale exercée sur la surface de ce piston et par suite sur le plateau est 768 × 180, soit approximativement 139,000 kilogrammes. Si les sacs avaient exactement la surface du piston, la pression exercée sur eux par centim. carré serait donc de 180 kilogrammes, mais s'ils ont une surface plus grande que celle du piston, comme la pression totale doit se répartir uniformément sur toute la surface des sacs, la pression exercée sur eux par centim. carré diminuera. Ainsi, pour des sacs de 70 centimètres de côté par exemple, la pression de 139,000 kilos se répartira sur une surface de 4,900 centim. carrés, et chaque centim. carré supportera une charge de 28 kilos.

Si la pompe est réglée à 200 atmosphères et si le piston de la presse n'a qu'un diamètre de 25 centimètres ou une section de 470 centimètres carrés, la charge totale sera de 200 × 470 soit 94,000 kilos, ou environ les $^{3}/_{5}$es de la pression obtenue dans les hypothèses précédentes. Dans ce cas, la pression par

centim. carré sur des sacs de 70 centimètres de côté ne sera plus que de 19 kilos.

On voit qu'avec un appareil donné, des sacs de faible dimension permettent d'augmenter sans difficulté la pression, mais, comme nous le verrons plus loin, il est toujours bien préférable d'employer de grands sacs, sauf à donner au piston un plus grand diamètre. Du reste, on est limité dans cette pression, et par la résistance trop faible des toiles, et parce que le faible accroissement de rendement en jus dû à une pression plus élevée cesse bientôt de couvrir la dépense supplémentaire de travail qu'absorbent les pompes.

Des expériences ont été faites pour déterminer la relation qui existe entre la surface des sacs et le rendement en jus. Je reproduis ici un tableau qui m'a été communiqué sur ce sujet, il y a déjà quelques années, par M. Schatten:

Surface des sacs en décimètres carrés.	Taux % de pulpe après pression		
	au bas de la pile.	au milieu de la pile.	au haut de la pile.
13,7	26	26,9	25,4
10,0	24	23,3	22,1
7,0	24,7	21,3	20,1
4,5	24,5	21,6	18,2
2,4	23	21,2	16,1

Ces chiffres indiquent que la proportion des résidus diminue, ou que le rendement en jus augmente, à mesure qu'on réduit la surface des piles, mais ces expériences, faites sur une petite échelle, ne sauraient servir de règle pour le travail industriel. Or, il arrive souvent, avec des surfaces de piles beaucoup plus grandes que celles du tableau précédent, qu'on obtient des rendements plus avantageux que le plus fort des chiffres cités plus haut. Ainsi, pour des sacs de 51 décim. carrés et avec une pression de 33 kilos par centim. carré, j'ai obtenu, comme moyenne, 16,5 % de résidu,

soit 83,5 % de jus. Les essais portaient chaque fois sur 630 kilos de pulpe et ils peuvent par suite être regardés comme concluants.

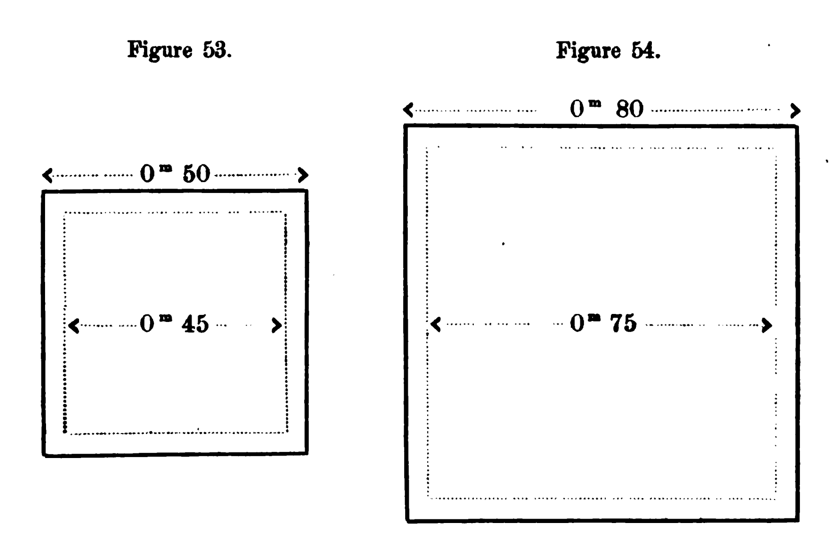
Une conclusion intéressante qui ressort du tableau précédent, c'est que, pour une même pile, les sacs du haut sont mieux pressés que ceux du bas. Ce résultat, qui n'a rien d'anormal, prouve le peu de créance que l'on doit apporter aux résultats si prônés de nos jours d'analyse de pulpes, alors que l'on ne prélève d'habitude d'échantillons que sur un sac, et que les essais ne portent que sur quelques kilogrammes de matière.

On indique généralement la force des presses d'une manière conventionnelle, en donnant le diamètre du piston et la surface de pression, c'est-à-dire la surface limitée par les guides dont l'intervalle est de 3 centimètres environ plus grand que la largeur des sacs. Dans les presses qui n'ont pas de guide, on donne comme surface celle des claies. Les grandes presses ont comme surface, de 55 à 80 centim. de côté. On réserve le nom de petites à celles dont les claies ont 50 centim. de côté et au-dessous. Les grandes presses sont toujours plus avantageuses que les autres, car tout en exigeant pour leur service une main-d'œuvre proportionnellement plus faible, et moins de sacs, elles font beaucoup plus de travail. Ainsi, dans un sac de 70 centim. de côté, on peut mettre environ 8 kilog. de pulpe, dans un sac de 40 2^{k},500. Or, dans le premier cas, avec une grande presse, on pourra charger 33 sacs soit 274 kilos de pulpe, dans le second on met 40 sacs, ce qui ne correspond qu'à 100 k^{os} de pulpe. On voit que la petite presse ne fournira que 38 % environ du travail de la grande, tandis que les frais d'installation sont loin de varier dans le même rapport, car une grande presse coûte au maximum 25 % de plus qu'une petite.

L'économie de main-d'œuvre avec les grandes presses est due à la différence de contenance des sacs, ceux de 70 cent. contenant trois fois plus de pulpe que ceux de 40. Or, ceux-ci exigent un ouvrier pour le chargement, les autres deux

seulement, et comme le temps nécessaire est constant pour tous les sacs, on voit que l'économie de main-d'oeuvre est à peu près d'un tiers. D'autre part, on doit faire entrer en ligne de compte l'économie que l'on réalise sur l'achat des sacs, puisqu'avec les grands on peut travailler le double de betteraves. L'expérience démontre d'ailleurs qu'ils sont beaucoup plus longtemps en service. Avec les grandes presses, on compte d'habitude 2 sacs hors de service par 10,000 k^{os} de betteraves travaillées; avec les petites presses, ce nombre doit être porté à 3 ou 4 par 10,000 k^{os}.

Figure 53. Figure 54.



Les piles doivent être laissées à peu-près le même temps en pression, quelles que soient les dimensions de la presse, pour donner la même proportion de jus. Or, nous avons vu qu'avec de grandes presses et malgré la réduction de pression par unité de surface, le rendement est de 83,5 %. Ce chiffre élevé tient surtout à ce que, dans les grands sacs, les rebords qui s'imbibent de jus ont moins d'importance par rapport à la surface de pression que dans des sacs plus petits. Ainsi, en admettant que la largeur des rebords soit de 5 centim., la surface correspondante d'étoffe en double sera de 4$^{d.c.}$,25 pour un sac de 50 de côté (figure 53) et de 7$^{d.c.}$,75 (fig. 54), pour un

sac de 80. Mais en rapportant ces chiffres à la surface du sac, on trouve que, dans le premier cas, l'espace ainsi perdu et dans lequel la pulpe conserve pour ainsi dire tout son jus, est de 17 %, dans le second 12 %. La perte résultant de ce chef est d'ailleurs d'autant plus considérable que la pile reste moins longtemps sous pression et que par suite le jus a moins de temps pour sortir des sacs.

En général, les presses employées dans les fabriques diffèrent moins par les dimensions des sacs que par la hauteur de pile, c'est-à-dire par la distance entre le plateau au bas de sa course et le sommier supérieur, espace que l'on remplit entièrement de sacs. Plus cette hauteur est grande, et plus il faut de temps pour le chargement, et pour que le piston une fois soulevé arrive au point le plus haut de sa course. Nous avons vu plus haut que, pour une hauteur de pile initiale de 90 centim., le piston avait à parcourir environ 48 centim. Une pile de $1^m,50$ exigerait donc une course de piston de 80 cent., ce qui, en conservant les mêmes hypothèses que plus haut, pour les sections des pompes, les vitesses et les charges de débrayage, prendrait un temps de 12 minutes environ. Or si, comme on le fait généralement, on laisse la pile sous la pression maximum pendant 5 minutes avant d'ouvrir le robinet de décharge, on voit que le rapport des temps aux deux presses sera de $\frac{7+5}{12+5}$ soit $\frac{12}{17}$. Le rapport des quantités de pulpe pressées dans les deux appareils étant de $\frac{90}{150}$, la différence entre les deux quotients exprime en nombre l'avantage des presses à pile élevée sur les presses à petite course, avantage qui peut se formuler ainsi : le temps nécessaire pour la pression croît moins vite que la hauteur de pile. Il est vrai que cette supériorité des presses à sommier élevé, assez faible déjà en elle-même, est à peu-près compensée par les inconvénients de diverse nature qu'entraîne leur usage : perte de jus résultant de ce que les gouttes tombent et séjournent sur un plus grand nombre de claies ; altération plus marquée de ces

jus qui restent plus longtemps au contact de l'air, difficultés de manœuvre provenant de la nécessité d'employer des guides. Quant au travail de construction de la pile, il est naturellement proportionnel à la hauteur, et, sous ce rapport, les piles élevées n'offrent pas d'avantages sur les autres.

Il nous reste maintenant à examiner quelle est, pour chaque sac, la quantité de pulpe la plus convenable pour une surface de pression donnée. Schatten, en opérant sur des sacs de 40 centimètres de côté a trouvé les résultats suivants:

Quantité de pulpe par sac.	Rendement en jus (Taux %).
1^k,024	75
1^k,520	75,3
2^k,050	75,8
2^k,550	76,7
3^k,024	75,9
4^k	73,8

En tant qu'on peut tirer une conclusion valable d'une série unique d'expériences, on voit que, pour les surfaces de sacs données plus haut, la charge la plus avantageuse est de 2^k,500, ce qui correspond à 150 grammes environ par décimètre carré. Dans d'autres essais, avec des sacs de 70 centimètres de côté, j'ai obtenu de bons rendements en chargeant 8 kg. de pulpe par sac, ce qui correspondait, par décim. superficiel, à 160 grammes environ. En se fondant sur ces données, on peut prendre comme charge normale un chiffre moyen de 150 grammes par décim. de surface.

Des essais faits en grand avec diverses pressions m'ont donné, pour une durée constante de pression, (3 minutes), les rendements ci-après:

Pour une pression de	3^k,4	par centim. carré	60 %	de jus.
-	5^k,5	-	64 -	-
-	27^k,5	-	75 -	-
-	51^k,6	-	80 -	-

On voit que le rendement en jus croît incomparablement moins vite que la pression. Entre le premier et le second essai, la pression augmente de 2^k,1 et la pulpe cède 4 % de jus. Entre les essais trois et quatre, la différence de pression est de 24^k,1, soit 10 fois plus, et le rendement ne s'accroit que de 5 %. En comparant les termes successifs de cette progression, il est facile de voir à quelle pression énorme on serait conduit pour extraire la totalité du jus, et l'on peut affirmer qu'il est pratiquement impossible d'enlever à la pulpe tout le jus qu'elle renferme, si élevée que soit la pression dont on dispose. Avec une seule pression, le rendement de 80 % est le plus élevé qu'on puisse atteindre. Le rendement de 84 %, dans l'hypothèse où l'on n'ajoute pas d'eau à la râpe, ne saurait s'obtenir par la presse hydraulique seule, car on arrive bientôt à la limite où il ne coule plus de jus, soit que la force d'adhésion le retienne dans la pulpe déjà sèche, soit surtout qu'une grande partie des cellules, ayant échappé à la râpe, résistent sans se déchirer aux pressions que nous pouvons produire.

Nous avons déja vu qu'au début de la pression on donne au piston un mouvement d'ascension rapide, en faisant agir à la fois les deux pompes, jusqu'à ce que la hauteur de la pile soit réduite aux $^3/_5$ ^{es}; à ce moment, le rendement en jus est d'environ 60 %. Dans la pratique, on a depuis longtemps reconnu qu'une pression rapide au début favorise singulièrement l'expulsion du jus, et mène à un rendement plus élevé que si l'on donnait au piston, pendant toute la course, une vitesse uniforme.

Le tableau suivant indique comment varie le rendement en jus pendant la pression, de 5 minutes en 5 minutes. Chacun des chiffres reproduits ci-après est la moyenne d'un grand nombre d'essais portant chaque fois sur 630 k^{os} de pulpe.

Durée de la pression en minutes..	Quantité de jus obtenue Taux %.
de 1 à 5	66 à 75
de 5 à 10	7,5 à 3
de 10 à 15	4,5 à 2,3
de 15 à 20	2,6 à 1,1
de 20 à 25	1,6 à 1
de 25 à 30	0,8 à 0,6
de 30 à 35	0,4
Total	83,4 à 83

On voit que les dernières phases de la pression ne donnent lieu qu'à un écoulement de jus insignifiant, et il serait évidemment contraire aux intérêts du fabricant de prolonger outre mesure cette opération. D'autre part, le rendement élevé obtenu pendant les premières parties de la pression fait ressortir les avantages spéciaux de la presse hydraulique pour une pression préparatoire, car il serait certainement difficile, avec tout autre appareil, d'obtenir en 5 minutes un rendement qui s'élève de 66 à 75 % du liquide total renfermé dans la pulpe, comme ceux qu'on obtient ici.

Souvent on arrive, avec une action de la presse plus prolongée mais sous une charge moins élevée, à des résultats plus favorables qu'avec une pression plus forte mais agissant moins longtemps. Ainsi, pendant que dans les expériences citées plus haut, on obtenait en 3 minutes par une pression de 27k,5 par centimètre 75 % de jus, et dans le même temps 80 % pour une charge de 51k,6, dans d'autres essais une pression de 16k,70 maintenue pendant 30 minutes donnait également 80 % de jus et le rendement s'élevait à 84 % avec une pression de 35k,26 pendant le même temps. Ces résultats expliquent l'insuccès constant des presses à rouleaux, dans lesquelles la pression agit pendant un temps trop court, pour qu'on puisse espérer les substituer aux presses hydrauliques.

Les chiffres que nous avons cités plus haut ne sauraient évidemment avoir une valeur absolue pour tous les cas. Les

résultats dépendent, en dehors du degré de la pression, de la nature de la pulpe. Les betteraves riches en sucre ont un jus plus visqueux; leur texture est généralement plus serrée, leurs cellules plus résistantes. La force d'adhésion est donc plus considérable et la pulpe abandonne plus difficilement le jus que dans le cas où l'on travaille des betteraves aqueuses, dont le jus est moins adhérent, le tissu plus léger. On doit donc, avec les mêmes appareils et la même pression, obtenir des résultats très-différents d'une année à l'autre, et la pratique démontre qu'il en est réellement ainsi. J'ai cherché à déterminer la relation qui existe entre le rendoment et la densité du jus sous la même pression. J'ai trouvé ainsi:

Pour des jus d'une densité de	Un rendement de
9° Baumé	78,25
8°,4 -	80
7°,4 -	83
6°,25 -	85

Toutefois, ces résultats doivent évidemment varier suivant les circonstances particulières.

Indépendamment de la qualité des betteraves, leur état de division après râpage influe sur les résultats de la pression, comme le prouve le fait suivant: dans une râpe à poussoir, la pulpe se divise inégalement; la plus grossière tombe immédiatement au sortir de l'embouchure de la trémie, la plus fine, entrainée par le tambour, est rejetée tout à l'avant du bac. Or, si l'on soumet séparément ces deux pulpes à une même pression dans des sacs de surface et de hauteur égales, la plus fine donne toujours environ 3 % de jus en plus que l'autre.

Notons en passant que le rendement des presses peut être notablement réduit par l'emploi de sacs mal lavés ou trop vieux. Les pores de l'étoffe, rétrécis par l'usage ou obstrués en partie, ne laissent au jus au bout d'un certain temps qu'un passage

insuffisant. On est d'ailleurs averti de ce défaut par l'inspection du contenu des sacs: la pulpe reste alors humide, malléable, et retient une quantité souvent notable de jus.

On a souvent prétendu que les jus n'avaient pas la même densité au commencement et à la fin de la pression. Ce phénomène ne se produit pas en réalité, toutes les fois du moins qu'on n'ajoute pas d'eau à la râpe; le jus a toujours la même composition aux différentes phases de la pression. Ce qui peut avoir donné lieu à cette erreur, c'est que souvent on prend la densité du jus au moment même où on le recueille, sans faire attention qu'il retient en suspension un grand nombre de bulles d'air qui atténuent le degré aréométrique. Mais il suffit de laisser reposer le liquide un certain temps et d'agiter l'éprouvette pour expulser cet air. Si on fait à ce moment l'essai aréométrique, on constate que la densité reste constante pendant toute la durée de la pression.

Nous avons vu que pour rendre la pulpe plus maniable, plus facile à presser, on fait couler d'une manière continue un filet d'eau sur la râpe. Cette eau se mélange à la pulpe, étend le jus et permet à la presse de l'exprimer plus facilement. L'eau ainsi ajoutée opère d'ailleurs une véritable macération des cellules non déchirées et en déplace le jus, enfin elle réduit la proportion de sucre que retient l'étoffe des sacs. En vertu de cette action multiple, le rendement en jus se trouve notablement accru.

Supposons, par exemple, que l'on ait ajouté 20 % d'eau à la râpe. Si les betteraves contenaient 96 % de jus, la pulpe de 100 k^os^ renfermera 96 + 20 soit 116 k^os^ de jus étendu, dans lequel la proportion de sucre sera de 9,9 %, $\left(\frac{12 \times 96}{116}\right)$, si le jus initial avait une richesse saccharine de 12 %. Or, si l'on presse de façon à avoir 16 % de résidu (contenant 4 % de cellulose), sur les 12 % de jus que contenait ce résidu l'eau en aura déplacé 2 % environ $\left(\frac{12 \times 20}{116}\right)$. Le rendement réel en

jus sera donc de 100—16 + 2, soit 86 % de jus. Ce chiffre suppose d'ailleurs que le mélange de l'eau avec le jus ainsi que la pression se fassent d'une manière complète.

En réalité, les résultats de la pratique sont loin d'être aussi favorables. D'une part, la pression donne habituellement plus de 16 % de résidu, d'autre part, la pulpe se travaillant très-vite, l'eau n'a pas le temps d'exercer une macération complète sur les cellules ouvertes et encore moins sur celles que la râpe a laissées intactes. L'eau ne se mélange donc pas avec la totalité du jus de la betterave, mais avec 88 à 90 % par exemple. Par suite, le calcul théorique donné plus haut devrait être rectifié ainsi qu'il suit: il se forme un mélange de 90 % de jus et 20 d'eau ce qui représente 110 de jus étendu. Les 6 % qui restent de jus non dilué sont en partie exprimés dans les dernières phases de la pression et en partie retenus dans la pulpe. Suivant que la pulpe retiendra sur ces 6 % une quantité de 5, 4, 3, 2 %, l'accroissement dans le rendement se fera dans les mêmes proportions, $\frac{7 \times 20}{110}$, $\frac{8 \times 20}{110}$, etc., soit 1,27 %, 1,45 %, 1,63 %, 1,81 % etc. D'ailleurs, on ne saurait à priori évaluer cet accroissement, puisqu'on ne peut connaître ni les proportions dans lesquelles l'eau et le jus se mélangeront, ni la quantité de jus concentré que retiendront les sacs.

On reproche souvent à l'addition d'eau sur la pulpe d'augmenter le volume à presser et d'accroître les dépenses d'évaporation, de réduire par suite la quantité de travail journalier que peut effectuer la fabrique, d'augmenter les frais généraux par le fait de cette réduction dans les quantités mises en œuvre. Il est à peine besoin de réfuter ces objections. L'addition d'eau à la râpe, bien loin d'allonger le travail de production du jus, le rend notablement plus facile et plus rapide. La pulpe étendue se répartit mieux et plus vîte dans les sacs; si son volume se trouve augmenté par l'eau, il ne tarde pas à se réduire sur la table même de préparation, car les sacs perdent alors une proportion de jus à peu près équivalente à

celle de l'eau, de façon qu'en réalité la presse n'opère que sur le même poids total, qu'on ajoute ou non de l'eau sur la pulpe. Enfin, la durée de la pression se trouve notablement réduite, car le jus plus fluide traverse mieux les feutres, et coule plus rapidement. Il est vrai que le volume du jus augmentant d'un cinquième ou d'un quart, la défécation exige, soit dans les dimensions, soit dans le nombre des chaudières, une augmentation correspondante et qu'il faut également accroître la surface de chauffe ou activer la marche dans les appareils d'évaporation, c'est-à-dire dépenser plus de vapeur ou de combustible, mais ces frais assez restreints sont les seuls qu'entraine une addition d'eau; la main-d'oeuvre pour la défécation et l'évaporation restent la même, qu'on travaille avec des appareils plus ou moins grands; le travail des filtres se règle facilement d'après le volume des jus. Enfin, le travail de la cuite n'augmente que d'une quantité insignifiante sur la quantité totale. On peut donc en conclure qu'une addition modérée (25 ou 30 %) d'eau à la râpe, n'influe en rien sur la quantité de travail que peut produire l'usine dans une campagne, qu'elle entraîne une augmentation relativement assez faible tant dans les dépenses de première installation que dans les frais journaliers, enfin qu'elle n'exige pas une main-d'œuvre plus considérable.

Comme nous l'avons dit plus haut, beaucoup de fabriques opèrent la pression en deux fois. Dans un premier appareil, la presse préparatoire, on exerce sur les sacs une pression assez modérée de façon à réduire de moitié la hauteur de la pile. Le rendement en jus dans ces conditions n'est pas beaucoup plus considérable qu'avec une seule presse, mais il est plus certain, le déplacement des sacs assurant une meilleure action de la presse sur toutes les parties de la pulpe.

Souvent, dans l'intervalle des deux pressions, on plonge les sacs dans l'eau, de façon à étendre le jus que retient l'étoffe et à en permettre l'expulsion partielle. Mais pour que cette opération donne de bons résultats, il faut que la pression préparatoire ait donné à la pulpe une consistance convenable,

ni trop grande, ni trop faible. Si la pulpe a perdu 70 % de jus, les sacs sont trop secs; ils ne s'imbibent plus d'eau, et, après l'immersion, on trouve encore sur leur surface des places entièrement sèches. Cette méthode ne me semble donc possible qu'avec une pression préparatoire très-faible, et encore ne donne-t-elle jamais de résultats complètement satisfaisants, car la pulpe ne prend guère l'humidité qu'à sa surface, surtout si le sac n'a pas une très-faible épaisseur de façon à ce que la surface de pulpe soit aussi grande que possible. D'autre part, si la pulpe est trop humide par suite de l'insuffisance de la première pression, les sacs ne se tiennent pas bien; ils ne se prêtent pas aux manipulations, et la densité du jus se trouve notablement diminuée. Supposons par exemple que la première pression ait enlevé 51 % de jus seulement; il en restera 45 dans la pulpe et si celle-ci absorbe 15 % d'eau, le jus contiendra $^1/_4$ de son poids d'eau; tandis que si la pression a enlevé 66 % et si l'on ajoute la même quantité d'eau le rapport de cette eau au poids du jus sera de $^1/_2$; par suite, si la pression définitive laisse à la pulpe 12 % de jus, dans le premier cas l'eau y aura remplacé 3 %, $\left(\frac{11}{4}\right)$, dans le second 4 %, $\left(\frac{12}{3}\right)$. On voit que, théoriquement, le second cas est plus avantageux que le premier. Ajoutons du reste que dans la pratique on n'arrive pas à des résultats aussi satisfaisants, le mélange de l'eau et du jus ne se faisant jamais d'une manière complète.

La quantité d'eau absorbée dépend d'ailleurs de la durée de l'immersion. Au bout de trois minutes, la pulpe a pris deux fois plus d'eau que pendant la première minute. Ainsi, d'après des essais faits à ce sujet, j'ai trouvé qu'en rapportant les chiffres à 100 de betteraves, la pulpe absorbait de 7 à 8 % d'eau en une minute, de 14 à 18 % en trois. Cependant il ne faudrait pas prolonger trop longtemps l'immersion: le jus serait bientôt trop dilué et s'extravaserait dans l'eau de la cuve où se fait le travail. Si l'on examine cette eau après qu'elle

a servi un certain temps, on trouve effectivement qu'elle accuse un degré aréométrique assez élevé, degré qui peut aller jusqu'à 2° Baumé, lorsque l'on plonge dans la même eau successivement tous les sacs d'une pile. Dans ces conditions, il convient, toutes les six heures au moins, de renvoyer cette eau à la concentration, et de la préserver contre l'acidité par une addition de lait de chaux.

Des essais ont été faits sur une grande échelle pour déterminer exactement les avantages de l'immersion des sacs. On apportait un soin spécial à l'opération du trempage, de façon à laisser s'échapper tout l'air que retient la pulpe. On a trouvé que le rendement était accru ainsi, par rapport à la méthode de pression pure et simple, de 1½ % de jus, ou, dans les cas les plus favorables, de 2 %. Comme compensation de ce rendement plus élevé, on avait à évaporer en plus de 8 à 16 % d'eau rapportée au poids des betteraves.

Ces résultats assez faibles prouvent combien la pulpe, après une première pression, se laisse mal imprégner par l'eau. On n'en sera pas étonné si l'on songe à l'énorme proportion d'eau qu'absorbe déjà par lui-même le feutre qui constitue le sac; (le poids de cette eau s'élève souvent à 1k par sac). Or, le tourteau ne commence à s'imprégner qu'après le moment où le sac a déjà absorbé tout ce qu'il peut recevoir. D'autre part, les sacs, immédiatement à leur sortie de la cuve, sont remis en presse; l'eau s'écoule donc sans qu'on lui laisse le temps de pénétrer la pulpe et de se mélanger intimement au jus. Aussi ces inconvénients ont-ils fait renoncer presque partout au travail avec immersion des sacs.

On a dû également abandonner un procédé sur lequel on avait fondé plus d'espérances au début, et dans lequel les sacs, après une première pression étaient soumis, dans des vases fermés, à l'action de la vapeur pendant un temps assez prolongé. Cette opération n'améliorait le rendement que dans des limites assez faibles, et d'autre part, la vapeur à une température élevée exerçait sur le jus une action fâcheuse. En réduisant la pulpe en bouillie, elle la rendait plus difficile à presser.

Pour que la méthode par double pression donne un rendement favorable, il faut que la pulpe, complètement pressée dans une première opération, passe ensuite sous la râpe ou sous tout autre appareil diviseur, en même temps qu'elle reçoit une addition d'eau. Les matières ainsi transformées en pâte aussi hogomène que possible doivent alors être traitées comme de la pulpe fraiche, mises en sacs et pressées. Si l'on se place dans l'hypothèse la plus favorable où la première pression ne donne que 16 % de résidu, une addition de 12 % d'eau au second râpage produira le même effet que si, avant la première pression, on avait ajouté 96 % d'eau. Or, il est facile de voir que si la pulpe de seconde pression ne représente encore que 16 %, l'addition d'eau aura fait gagner la moitié du jus conservé par la pulpe soit 6 % ; que par suite le rendement total pour les deux pressions sera de 84 + 6 ou 90% de jus. Dans la pratique, il est vrai, les résultats sont rarement aussi favorables, (voir page 298), attendu que d'habitude la pulpe pressée représente plus de 16 % et que, d'autre part, les nécessités du travail ne laissent pas à l'eau ajoutée au moment du second râpage un temps suffisant pour qu'elle puisse se mélanger complètement avec le jus que retenaient les cellules. Cette question de la durée du mélange explique comment, dans le cas où l'on ajoute de l'eau, le jus retenu dans la pulpe est toujours plus concentré que celui qui coule au début de la pression. Le différence représente 1/2 degré au polarimètre.

Le procédé dont nous venons de parler offre d'ailleurs cet avantage que les parties du sac qui échappent une première fois à la pression sont mélangées avec tout le reste, et abandonnent forcément leur jus pendant la seconde pression. Enfin, lorsqu'on met en œurre des betteraves gelées, il arrive souvent que l'addition d'eau chaude au premier râpage ne suffit pas pour les réchauffer suffisamment. Dans ce cas, la première pression ne saurait donner que des rendements insuffisants, tandis qu'une double opération permet de remédier d'une manière complète à cet inconvénient.

Le double râpage a jusqu'à ce jour donné de bons résultats. C'est donc un mode de travail qu'il importe de suivre, au moins jusqu'au moment où l'on pourra le remplacer par une méthode plus parfaite. L'expérience a d'ailleurs suffisamment validé ce système, car Henri Schettler l'a mis en pratique dès la campagne 1843—1844.[1] On a souvent reproché au procédé dont nous nous occupons d'exiger trop de temps et de favoriser par suite la fermentation du jus. Cette objection ne saurait être fondée que pour les fabriques où le travail ne s'effectue pas assez vite et où l'on ne veille pas à maintenir dans l'atelier une propreté absolue.

L'expérience de tous les jours prouve en effet que le jus se conservent souvent pendant 16 heures dans des vases propres, sans que leur degré polarimétrique se trouve modifié. De même, on peut laisser des journées entières une solution de sucre raffiné à l'air sans qu'elle s'altère. Ces exemples suffiraient pour répondre aux objections souvent faites par les fabricants qui arguent, soit de l'altération rapide des eaux de dégraissage des filtres, soit de la perte de sucre qu'accusent les jus en contact avec des sacs depuis trop longtemps en service, perte qui s'élève souvent à 1,8 ou 2 % de sucre. Mais, dans le procédé dont nous nous occupons, il est facile de voir que la production du jus peut être en réalité assez rapide, si l'on veille à supprimer les pertes de temps dans chaque opération. Ainsi, la durée du travail peut-être évaluée comme il suit:

Mise en sacs de la pulpe	10	minutes
Première pression	10	-
Pour vider les sacs et râper la pulpe .	5	- ou davantage
Deuxième mise en sacs	10	-
Deuxième pression	10	-
Total . . .	50	minutes.

Je ne saurais donc à aucun titre partager l'avis des auteurs qui recommandent de ne pas pousser la pression préparatoire

1) Journal de l'assoc. des fabric. allem. Tome 1, page 231.

jusqu'au point où il faudrait ensuite diviser de nouveau le résidu à l'aide de machines spéciales, travail qui, suivant ces auteurs, serait contraire à toutes les règles de rapidité, d'économie et de simplicité qu'on doit observer pour la production du jus.

En fait, même une pression modérée, n'exprimant que 60 à 65 % de jus, comprime la pulpe en masse assez compacte pour qu'on soit obligé ensuite de la diviser. Or, s'il faut recourir à un second râpage, il est bien évident qu'il vaut mieux dès le début employer des pressions énergiques, car les tourteaux de pulpe contenant 30 % et plus de jus sont beaucoup plus difficiles à diviser et se mélangent beaucoup moins bien à l'eau que les tourteaux fortement pressés et craquant à la main.

En second lieu, moins la pulpe conserve de jus, c'est-à-dire plus elle a été pressée, et plus aussi l'eau ajoutée à la seconde opération abaissera le degré du jus, moins elle en laissera dans la pulpe (voir page 300).

Enfin, une première pression énergique brise un certain nombre de cellules échappées à la râpe, et la diffusion ultérieure du jus est beaucoup plus complète.

Le râpage des tourteaux, s'ils sont fortement pressés, se fait très-rapidement avec un appareil diviseur bien construit, et le prix de ces appareils est assez faible pour que leurs frais d'installation soient rapidement couverts par l'augmentation de rendement.

Il nous reste, pour finir cette étude, à parler des sacs ou serviettes en laine, cet accessoire embarrassant et coûteux, mais indispensable, des presses hydrauliques. Ainsi que nous l'avons déjà dit, pour presser la pulpe, on la dispose soit dans des serviettes comme en Allemagne, soit dans des sacs comme en France. Ces derniers donnent des piles plus égales, des pressions plus uniformes, mais les serviettes présentent divers avantages qui balancent à peu près cette supériorité pour la pression: elles durent plus longtemps, parce que leurs extrémités simplement rabattues cèdent plus facilement sous la pression. Les plis, et ce sont les parties où l'étoffe fatigue le

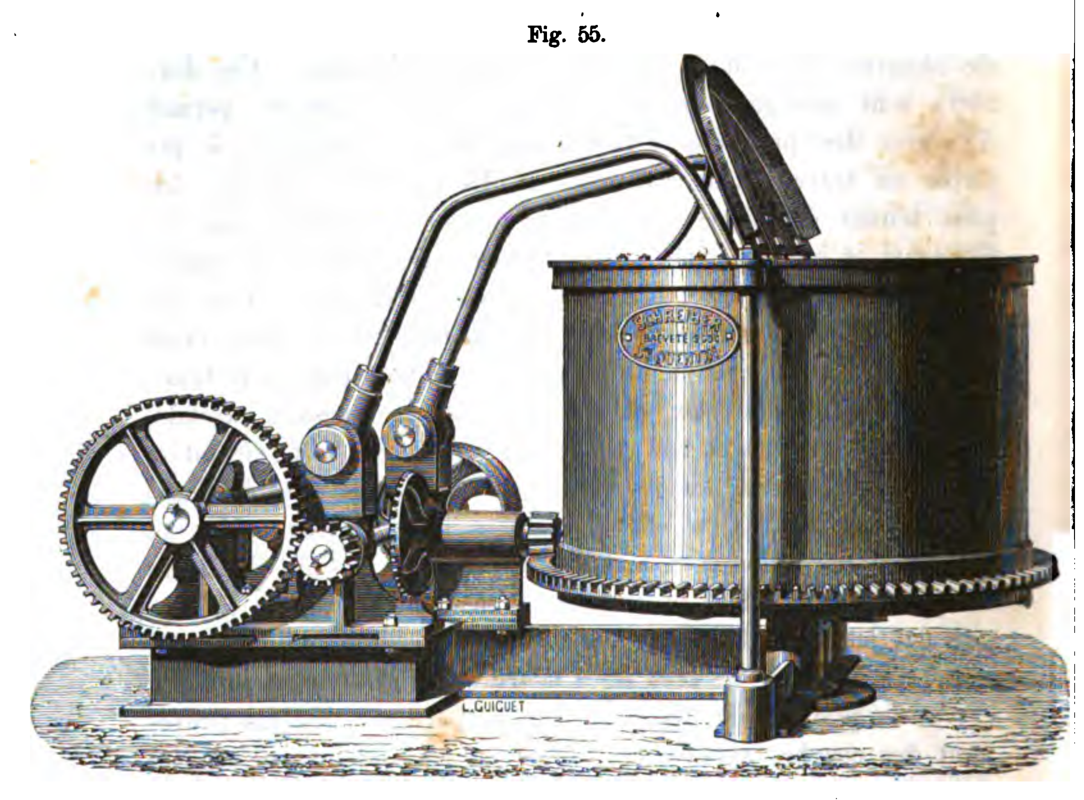
plus, ne se forment pas toujours au même endroit, et, à mesure que l'étoffe se resserre, la pliure se rapproche des angles. Les serviettes sont plus commodes pour retirer la pulpe pressée. Enfin, elles se nettoient plus facilement que les sacs, dont les coutures et les angles retiennent toujours un peu de pulpe. Quelle que soit la forme adoptée, on peut employer des tissus de chanvre, de crin de cheval, de soie ou de laine. Ces derniers sont presque partout préférés. Leur élasticité permet d'exercer des pressions à la fois rapides et énergiques; le jus passe au travers sans difficulté, tandis que les particules les plus ténues de pulpe sont beaucoup mieux retenues par les filaments et les aspérités qu'avec toute autre étoffe. La pulpe adhère peu à laine, et s'en sépare sans difficulté. Avec les étoffes de lin, l'adhérence est plus grande, et le tissu étant plus serré, la séparation de la pulpe et le nettoyage sont beaucoup plus difficiles. Or, ce nettoyage est une question capitale, car s'il est insuffisant l'on a toujours à redouter la fermentation que peuvent amener les jus séjournant longtemps dans le tissu: ces jus imprègnent en effet les fibres, les rendent acides et commuuiquent l'altération aux jus nouveaux. Il suffit d'ailleurs du plus simple calcul pour montrer combien est intime le contact du jus avec l'étoffe. Un sac de 70 centim. de côté présente une surface de près de 1 mètre carré pour les deux faces, et, si la pile est de 33 sacs, chaque particule des jus provenant des couches supérieures peut venir en contact avec chacun de ces sacs. D'ailleurs, dans l'épaisseur même du tissu, les surfaces de contact sont encore bien plus considérables, puisque l'étoffe peut avoir jusqu'à 10 fils de chaîne et 10 de trame, et que la surface entière de chaque fil peut s'imprégner de jus.

Le meilleur ou, pour mieux dire, le seul moyen qu'on ait de se préserver de la fermentation par les sacs est toujours de les entretenir parfaitement propres, et de les renvoyer au lavage régulièrement après quelques heures de service. Le nettoyage se fait en général à la main, en plongeant les sacs à diverses reprises dans l'eau tiède, les battant et les frottant; (souvent on commence par les mettre dans l'eau bouillante avant

de les frotter). On peut également se servir de machines à laver dont le travail plus énergique, plus sûr, plus propre, économise une grande partie de la main-d'œuvre.

[M. Schreiber a construit une laveuse de ce genre qui fonctionne d'une manière très-satisfaisante (fig. 55). Elle se

Fig. 55.



compose d'une cuve cylindrique en tôle, dont le fond est en fonte, et qui pivote sur son milieu; à dix centimètres au-dessus du fond se trouve une tôle percée de trous qui permet à toutes les saletés provenant du lavage de se rassembler à la partie inférieure. Deux battoirs, destinés à frapper sur les sacs, sont fixés aux extrêmités de manches flexibles, en fer, qui sont articulés sur deux supports placés en arrière de la cuve, ils reçoivent leur mouvement par l'intermédiaire de leviers sur lesquels agissent deux cames fixées à un arbre voisin: les cames sont réglées de telle sorte que les battoirs tombent vivement,

sans choc, et se relèvent immédiatement. Le mouvement des battoirs s'effectue ainsi avec autant de souplesse que si on les lançait à la main. L'arbre qui porte les cames reçoit son mouvement d'un arbre de commande au moyen d'une paire de roues droites, la rotation de la cuve est obtenue par des roues d'angle agissant sur un pignon qui engrène avec la couronne fixée sur la cuve. Le mouvement rotatif de la cuve correspond au nombre des coups de battoirs de façon à ce que les coups se succèdent en touchant toutes les parties des sacs enmagasinés dans la cuve. Afin d'éviter les éclaboussures, on a fermé la cuve par un couvercle avec porte à charnière. Cet appareil remplit le but que l'on doit se proposer dans un lavage bien entendu: débarrasser les sacs des pulpes fines feutrées sur le tissu, tout en évitant le foulage de la laine. En effet, pour enlever le feutrage, on laisse flotter un petit nombre de sacs à la surface de l'eau, puis on fait agir les battoirs: à chaque coup, il se produit une sorte de clapotement qui expulse bientôt du tissu tous les corps étrangers; l'eau forme comme un coussin élastique sous les sacs, et ceux-ci ne présentent jamais les inconvénients du foulage qui n'est produit que par le choc sur des corps durs].

Quel que soit le mode employé, on ne doit jamais négliger de rincer les sacs immédiatement à leur sortie de la presse dans une quantité d'eau suffisante.

On ajoute souvent à l'eau employée au lavage des sacs un peu de soude ou de chaux. Ces matières détruisent les acides qui pourraient rester dans l'étoffe. Elles dissolvent en outre les mucosités qui adhèrent au tissu au bout d'un certain temps d'usage, et qui sont dues à l'action de l'eau chaude sur la pectose de la pulpe. Mais ces deux bases ont l'inconvénient, après un certain nombre de lavages, de rendre les sacs raides et cassants, d'enlever toute résistance à l'étoffe. Aussi vaut-il beaucoup mieux employer à leur place les eaux ammoniacales condensées dans l'appareil évaporatoire des jus. Ces eaux, que l'on peut recueillir sans frais, agissent par leur ammoniaque tout aussi bien que la soude et n'abiment pas les sacs. En

tout cas, et quelle que soit la méthode de lavage employée, le dernier rinçage des sacs doit toujours se faire dans de l'eau froide et pure. Pour débarrasser l'étoffe de l'excès d'eau qu'elle conserve, une simple torsion, si forte qu'elle soit, ne saurait suffire; il vaut mieux soumettre les sacs mouillés par 8 ou 10 entre deux plaques à l'action de la presse hydraulique. Cet appareil chasse avec les dernières parties d'eau beaucoup de mucosités restées adhérentes aux fibres du tissu. On doit également veiller à ce que les sacs soient ensuite complètement séchés à l'air chaud, ce qui ne présente en général pas de difficulté dans les usines où il se perd une si notable quantité de chaleur, mais, en résultât-il une légère dépense de charbon, on est au moins assuré de détruire toutes les causes d'altération, puisque les ferments eux-mêmes deviennent inactifs par une dessiccation complète, et en même temps d'augmenter la durée des sacs. Si au contraire on laisse ceux-ci séjourner dans l'eau ou à l'état humide, les particules de pulpe demeurées dans le tissu fermentent lentement et mettent l'étoffe hors de service.

Les sacs sortis du lavage ne doivent être remis en service que lorsqu'ils sont complètement privés d'acide, qu'ils ont une odeur saine, lorsque les mailles du tissu paraissent à la lumière complètement libres, lorsque l'étoffe n'est plus ni gluante ni visqueuse. Un nettoyage insuffisant rend bientôt les sacs neufs raides et cassants. Le jus, retenu dans le tissu dont les pores sont engorgés, exerce sur lui une pression beaucoup plus forte et tend à le déchirer. On peut donc poser en principe que plus un sac est tenu propre et plus il peut être employé longtemps. — Quant à la durée du service journalier qu'il peut fournir, ce temps dépend et de la qualité des betteraves, et de la température dans la salle des presses. Il arrive souvent que les betteraves donnent un jus extrêmement visqueux qui engorge rapidement les sacs et ne peut plus filtrer à travers l'étoffe. D'autre part, avec un temps chaud, les sacs doivent être renouvelés au moins toutes les six heures. Au contraire, avec une température peu élevée et des betteraves de bonne

qualité, on peut souvent maintenir les sacs en service pendant 24 heures consécutives sans qu'il en résulte un inconvénient appréciable pour le jus. Néanmoins, on ne saurait jamais conseiller une période aussi longue pour le renouvellement des sacs. Le fabricant doit poser en principe que les presses doivent recevoir une série complète de sacs propres au moins toutes les six heures. — Lorsqu'on achète les sacs, on doit veiller à ce que les ourlets ne soient pas trop épais, parce que cette surépaisseur ne ferait qu'amener une inégalité dans la pression sans ajouter rien à la durée du sac lui-même.

En dehors des difficultés qu'ils apportent à la fabrication, des fermentations qu'ils peuvent amener, les sacs constituent chaque année une dépense considérable dans les fabriques. On doit compter au moins un sac par campagne et par 4000 kilos de betteraves mises en œuvre à la râpe. Tout procédé de pression qui permettra de réduire le nombre des sacs constituera donc un perfectionnement réel. A ce titre, je dois rappeler que la presse à action continue de mon système, dont il a été question plus haut, permet de supprimer une partie de ce matériel; il suffit en effet de trois garnitures et demie, soit 3,5 × 33) = 115 sacs par presse, pour travailler journellement de 20 à 25,000 kilos de betteraves.

Les résidus des presses hydrauliques, ou la pulpe épuisée, constituent pour le bétail un excellent engrais. Dans la pratique, on estime la pulpe à l'égal de la betterave fraiche et généralement on échange ces matières poids pour poids. L'agriculture peut conserver ces résidus très longtemps moyennant de légères précautions; ils offrent sous un petit volume une nourriture abondante, enfin ils n'exigent qu'une faible dépense de transport. Aussi, beaucoup de fabricants de sucre, en même temps cultivateurs, font-ils de la production de la pulpe le but principal de leurs efforts.

Ce sont ces avantages qui donnent au traitement par la presse comparé aux autres méthodes de si nombreux partisans.

La composition des tourteaux de pulpe est naturellement aussi variable que celle des betteraves elles-mêmes. Dans le

rapport du Parlement Anglais sur les betteraves en Irlande, cette composition a été évaluée ainsi qu'il suit:

	Avec de faibles pressions.		Avec de fortes pressions.	
Albumine	0,652		1,336	
Pectose	3,312	8,362	6,487	11,432
Sucre	5,050		4,945	
Cellulose (ligneux)	6,444		11,922	
Cendres ou sels	1,205		1,180	
Eau	83,353		74,130	
	100.		100.	

Desséchée à 100°, la pulpe donne à l'analyse:

	Faibles pressions.		Fortes pressions.	
Albumine	3,915		5,167	
Pectose	19,878	50,183	25,075	44,188
Sucre	30,305		19,113	
Cellulose (ligneux)	38,670		46,084	
Sels	7,232		4,561	
	100.		100.	

On voit d'après ces chiffres que la somme des éléments nutritifs n'est pas moindre dans la pulpe que dans la betterave elle-même. Elle contient il est vrai moins de sucre, qui agit comme aliment respiratoire et assure chez l'animal la production de la chaleur, mais en revanche elle renferme, en plus, une quantité équivalente de pectose déposée sur les parois des cellules, facilement soluble dans les acides et les bases et dès lors très-assimilable. Cette matière, chimiquement et physiologiquement analogue au sucre, constitue en réalité un aliment tout aussi efficace que ce dernier. Du reste, comme la paille et le foin contiennent eux-mêmes un excès d'aliments respiratoires, il suffit de les mélanger à la pulpe qu'on donne aux animaux pour que cette nourriture ait exactement la même valeur que la betterave fraiche. — On est encore indécis pour savoir si la pulpe agit principalement sur la formation de la graisse de la viande ou des os dans le travail de l'assimilation. Employée seule comme nourriture, la pulpe parait donner de moins bons résultats que si on la mélange à d'autres matières,

variables d'ailleurs suivant que l'on veut faire des élèves ou simplement entretenir la vigueur d'un animal déjà développé.

La pulpe renferme un taux d'humidité qui varie de 62 à 70 % suivant la quantité d'eau ajoutée à la râpe, l'intensité et la durée de la pression, l'épaisseur et la surface des sacs. De la pulpe contenant 74 à 83 % d'eau cesse d'être dans les conditions normales d'un bon travail, car cet excédant ne peut tenir qu'à l'insuffisance des moyens de pression ou à leur action trop courte.

Les cendres de la pulpe pressée prouvent encore plus clairement que les analyses de betteraves fraiches combien cette plante a besoin de potasse. D'après les résultats constatés en Irlande, 100 parties de cendres contiennent:

Potasse	25,050
Soude	16,050
Chaux	4,532
Magnésie	3,250
Oxyde de fer	0,141
Acide phosphorique	4,754
Acide sulfurique	1,542
Silice	9,221
Chlorure de sodium	11,479
Sable	5,928
	99,800.

La conservation de la pulpe dans les fermes n'offre aucune difficulté, car cette matière ne perd rien de sa valeur et même s'améliore en vieillissant. On la dispose en tas fortement pressés dans des fosses en maçonnerie où, par suite de la proportion de sucre qu'elle renferme, elle ne tarde pas à fermenter et prend alors une odeur acide caractéristique. Le bétail est très-avide de cette nourriture acidulée et la préfère à la pulpe fraîche qui parait d'une assimilation moins facile: il semble d'ailleurs avantageux, de mêler immédiatement la paille hachée à la pulpe au moment où on dispose celle-ci dans les fosses. Le mélange est alors plus complet, la paille s'imprègne des liquides acides, et est mieux goûtée par le bétail.

Le plus souvent, on se borne à conserver la pulpe dans des trous qu'on creuse dans la terre fraîche ou dans les silos de betteraves vidés. La partie de pulpe qui dépasse le niveau du sol est disposée en talus et recouverte de terre ou simplement d'un abri quelconque. Dans ce dernier cas, les couches supérieures sont exposées à pourrir et ne peuvent plus être données au bétail, mais le reste de la masse se conserve parfaitement et on peut ainsi en former une réserve au moins jusqu'à la campagne suivante.

Il convient de terminer ce chapitre par une comparaison des prix de revient de la production de jus suivant que l'on opère par une seule pression, par deux, ou qu'on fait usage de la presse hydraulique continue. Le prix des presses et des pompes s'établit principalement d'après leur grandeur et leur force.

On peut évaluer ainsi qu'il suit la dépense d'installation d'une presse complète avec sa pompe et tous les ustensiles accessoires:

Une presse hydraulique pesant 6000 k^{os}, tables pour ensacher, rigoles d'écoulement, claies en tôle	4,000^f
Pompe mécanique	1,000-
Tuyaux, robinets et pose	800-
Total . . .	5,800^f

On peut admettre qu'une de ces presses de grand modèle peut presser la pulpe de 12,500^k de betteraves par 24 heures; il faudra donc, pour un travail journalier de 50,000 k^{os}, 4 presses. Si l'on ajoute à cette dépense le prix de la râpe et de la machine à vapeur qui l'actionne, on aura le prix de l'installation pour 50,000 k^{os} de travail en opérant par simple pression:

4 presses et leurs accessoires à 5,800^f	23,200^f
Râpe complète avec sa transmission	4,500-
Machine à vapeur	5,800-
Total . . .	33,500^f

Le compte d'entretien et de réparations peut être évalué ainsi qu'il suit par campagne de 120 jours:

Réparations aux machines	700f
Remplacement de sacs (1 sac neuf par 4000 kos de betteraves, soit pour 6,000,000 kos dans la campagne 1,500 sacs) pour	6,500-
Total pour la campagne . . .	7,200f

Le service de 4 presses exige, pour 50,000 kos de betteraves travaillées chaque jour avec une seule pression, 27 ou 28 ouvriers au plus: avec une double pression et un râpage complémentaire, le personnel doit être porté à 34 ou 35 ouvriers.

La machine à vapeur consomme par heure et par cheval-vapeur 5 kos de houille soit pour 9 chevaux, force suffisante, et 22 heures de travail, 1000 kos environ de houille à 36f la tonne.

On peut dès-lors établir comme suit, pour le travail par simple pression, le prix de revient du jus produit par campagne.[1]

a. 6,000,000 de kmes de betteraves à 24f les ‰ kos	144,000f
b. Transport des silos à l'usine, lavage; 14 ouvriers par poste soit 28 journées de présence par 24 heures et pour une campagne de 120 jours 3,360 journées à 1f,20	4,032-
c. Intérêt et amortissement du capital d'installation soit 33,500f à 10 %	3,350-
d. Réparations et entretien, comme plus haut .	7,200-
e. Service des presses; 28 ouvriers par poste, soit 56 journées par 24 heures et pour la campagne 6,720 journées à 1f,20	8,064-
f. Lavage des sacs et enlèvement de la pulpe 8 enfants ou femmes par poste soit 16 journées par 24 heures et 1920 pour la campagne à 0f,75	1,440-
g. Combustible pour la machine 1 tonne par jour soit pour 120 jours 120 tonnes à 36f . . .	4,320-
Total . . .	172,406f

1) Dans ce calcul comme dans tous les suivants, nous avons cru devoir conserver les chiffres du texte, bien que les prix portés pour le combustible, les salaires etc., s'écartent assez notablement de ceux qu'on paie en France. Mais ces éléments sont variables d'une fabrique à l'autre et chaque fabricant pourra sans difficulté reprendre ces calculs en y introduisant les données spéciales à son usine. (N. du tr.)

Dans ces conditions, et en prenant les rendements moyens sur lesquels on doit évidemment raisonner on obtient à 80 ou 81 % de rendement de 4,800,000 à 4,850,000 de jus. Les 100 k^{os} de jus coûtent donc à peu près 3^{f},55.

Nous n'avons pas d'ailleurs à tenir compte dans le prix de revient comparatif des divers modes de production, de l'impôt qui frappe dans tous les pays soit la matière première soit le sucre produit, puisque ces frais affectent également les divers modes d'opérer.

Le système par double pression et râpage de la pulpe après la première pression nécessite en plus, comme première installation:

Une râpe, soit environ	3,500^{f}
La force nécessaire pour actionner la râpe est d'environ 2 chevaux-vapeur, ce qui augmente le prix de la machine de	1,500-
Dépense supplémentaire . . .	5,000^{f}

La dépense de combustible est portée à 1,200 k^{os} de houille par jour environ. Enfin, nous devons faire entrer en ligne de compte l'évaporation des 20 % d'eau qu'on ajoute au second râpage, puisque la vapeur d'échappement de la machine ne peut déjà évaporer qu'une partie du jus pris à la densité normale.

Les frais de la méthode par double pression s'établissent donc comme suit:

a. 6,000,000 de k^{os} de betteraves à 24^{f}	144,000^{f}
b. Transport et lavage, comme plus haut . . .	4,032-
c. Amortissement et intérêts du capital fixe 38,500^{f} à 10 %	3,850-
d. Réparations, entretien et remplacement des sacs	7,700-
e. Service des presses, 35 journées par poste, soit pour la campagne 8,400 journées à 1^{f},20 . .	10,080-
f. Lavage des sacs, etc., comme plus haut . . .	1,440-
g. Combistuble pour les machines, 1,200 k^{os} par jour, soit pour 120 jours, 144 tonnes à 36^{f} .	5,184-
h. A 20 % d'addition d'eau, on a à évaporer en plus 12,000 hectol. d'eau, soit, à 5 k^{mes} par k^{o} de houille, une dépense de 240 tonnes de houille à 36^{f}	8,640-
Total . . .	184,926^{f}

Le rendement le plus favorable que l'on puisse espérer en travaillant dans ces conditions est de 88 % de jus dont 80 à la première pression. Sur les 16 % que retient la pulpe après ce premier traitement, on peut, par l'addition de 20 % d'eau et une seconde pression, retirer encore la moitié du jus, soit 8 %. Dans la pratique, le rendement réel ne dépasse pas 87 %, soit, sur 6,000,000 de k^os de betteraves, 5,220 tonnes de jus. En adoptant ce chiffre, le prix de revient de 100 k^os de jus est de 3^f,52.

En comparant entre eux les résultats de calculs qui précèdent, on voit immédiatement que l'augmentation de rendement, si élevée qu'elle paraisse pour la double pression, ne représente pas pour le fabricant un bien grand avantage, puisque les prix de revient ne diffèrent que de quelques centimes. Il suffirait dans la méthode par simple pression d'obtenir 81,04 % de jus au lieu de 81 pour que la différence disparût entièrement. Or, c'est un résultat qu'il est facile d'atteindre en employant de bons appareils et veillant à ce que les piles soient bien disposées. Encore, n'avons-nous pas tenu compte dans nos évaluations, de la perte de sucre à laquelle on est toujours exposé dans la double pression; les jus séjournant plus longtemps à l'air ont en effet plus de tendance à devenir acides.

Ces inconvénients, les ennuis qui résultent toujours d'un procédé plus compliqué, d'un outillage plus considérable, les pertes de temps qu'entraîne la double mise en sacs, toutes ces circonstances ont fait que la double pression a été abandonnée à peu près partout, et que l'on est généralement revenu à l'ancien système. Dans certains cas particuliers, avec des salaires très-faibles ou le charbon à bas prix, la double pression peut avoir un certain avantage, mais ce ne sont pas les conditions générales.

Le troisième procédé par la presse hydraulique continue, que nous avons décrit page 283, et dont la fig. 49 représente la disposition est de beaucoup le plus avantageux de tous, puisqu'avec un personnel moitié moindre et une économie de 14 % environ sur les frais de première installation comparés à ceux

des presses simples, il donne comme rendement normal 81 % de jus. Pour un travail journalier de 50,000 k^{os} par 24 heures, il ne faut comme ouvriers pour chaque poste que

2 pelleteurs
4 ensacheurs
2 presseurs
2 déchargeurs
4 aides pour vider les sacs,

Soit en tout 14 ouvriers par poste.

Dans ces conditions, il est facile d'établir le prix de revient du jus:

a.	6,000,000 k^{os} de betteraves à 24^{f} les 1,000 k^{os}		144,000^{f}
b.	Transports et lavage comme ci-dessus . . .		4,032-
c.	Intérêt et amortissement du capital fixe, savoir:		
	3 presses avec tables spéciales	18,500^{f}	
	1 Râpe	4,500-	
	Machine à vapeur	7,000-	
		30,000^{f} à 10% =	3,000-
d.	Réparations, entretien des sacs, etc., comme ci-dessus bien qu'on use moins de sacs . .		7,700-
e.	Services des presses, 14 ouvriers par poste, soit par campagne 3360 journées à 1^{f},20 . . .		4,032-
f.	Lavage des sacs, comme plus haut		1,440-
g.	Combustible pour la machine, comme plus haut		5,184-
	Total . . .		169,388^{f}

Le rendement en jus étant de 81 %, soit 4,860,000 k^{os} on voit que les 100 k^{os} reviennent à 3^{f},48. Cette méthode représente donc par 100 k^{os} de jus une économie de 0^{f},07 ou 0^{f},04 sur les deux autres. En outre, la durée de la pression étant plus considérable (8 minutes), il en résulte, toutes choses égales d'ailleurs, un accroissement dans le rendement de $^{1}/_{2}$ % au moins. Les presses hydrauliques continues sont particulièrement avantageuses dans les pays où, comme en Russie, on manque de bras.

Ce pourrait être ici la place de répondre à certaines personnes qui, tout en reconnaissant les avantages du système que j'ai proposé, lui ont reproché de n'être pas neuf. — Il est certain que l'idée en elle-même n'est pas recente, que, selon toute probabilité, on avait fait dans le même sens et en divers endroits maints essais analogues, mais partout on s'était borné à déplacer les piles à la main. Comme pour de grandes presses ce déplacement constituait un travail pénible, on essaya d'un dispositif mécanique en 1855, si je ne me trompe, à l'usine de Sméla. L'installation parait avoir fonctionné d'une manière satisfaisante toute une campagne, mais je n'ai rien pu apprendre de précis à cet égard. En 1859, lorsque je vins à Sméla, le dispositif avait été mis de côté depuis longtemps déjà; néanmoins je fis faire un essai, en partie avec les pièces de l'ancien système, en partie avec des pièces neuves. En 1860, les fabriques de Sméla fonctionnèrent avec l'outillage que j'ai décrit, et on lui reconnut assez d'avantages pour qu'il fût immédiatement appliqué ailleurs. Malgré tout, la manœuvre des grandes piles était encore difficile. Ce fut alors, en 1861, que j'indiquai le dispositif représenté dans les figures 48 et 49.

Si donc je ne puis revendiquer la propriété de l'idée première, je suis au moins en droit d'en reclamer la première application pratique et les perfectionnements qui ont contribué pour une notable partie à son adoption définitive.

Chapitre IV.

Extraction du jus par les appareils centrifuges.

Turbines.

La force centrifuge, est déjà employée depuis nombre d'années, dans plusieurs industries, pour séparer les liquides de leurs mélanges avec des corps solides. Elle fut appliquée pour la première fois à l'extraction des jus de betteraves par

Schoettler, dans la fabrique de sucre de Charles Helle à Sudenbourg-Magdebourg, sans qu'à cette époque son emploi se soit étendu à d'autres fabriques. On se bornait, jusqu'à ces dernières années, à utiliser les turbines, en sucrerie, pour obtenir ce que l'on nomme les sous-produits, pour séparer le sucre cristallisable des sirops qui l'accompagnent. Ce ne fut que vers 1850 qu'on chercha de nouveau à utiliser la force centrifuge pour la pulpe, à l'instigation de Frickenhaus. Ce savant établit par de nombreux essais qu'on pouvait élever notablement le rendement en jus, en faisant arriver dans les turbines de l'eau, qui remplissait l'office de clairce, et dont l'effet de déplacement s'ajoutait à la pression mécanique développée par la rotation. Ce procédé fut sanctionné par les résultats avantageux qu'il produisit dans quelques fabriques de Magdebourg, (celles de Baumann et Maquet, notamment), pendant les campagnes de 1856, 1857 et 1857—1858. Depuis cette époque, son application s'est généralisée dans un cercle de plus en plus étendu.

Les turbines à jus qu'on emploie pour le traitement de la pulpe ont en général des dimensions plus grandes que les turbines à sucre destinées à la séparation des mélasses dans les masses cuites, mais la construction de ces deux sortes d'appareils est en principe la même, et il suffira d'en rappeler les dispositions générales. Sur un axe ou arbre vertical est monté un tambour en cuivre ou en tôle ouvert sur le dessus. Le fond est surmonté d'un cône en fonte ou en cuivre rapporté. Les parois latérales du tambour sont percées d'orifices, et, sur leur surface intérieure, on dispose un double tissu en toile métallique de laiton. Le premier est à larges mailles, le second, placé à l'extérieur, à treillis très-serré. En faisant tourner l'arbre, on imprime au tambour un mouvement rapide de rotation, et pendant ce temps, on y vers la pulpe. La masse semi-fluide tombe sur le cône ménagé au fond du tambour, mais elle en est bientôt chassée dans toutes les directions par la force centrifuge, et vient former, contre les parois verticales, une couche d'épaisseur uniforme et fortement pressée. En pro-

longeant la rotation, la force centrifuge oblige la partie liquide de la masse à s'éloigner suivant le rayon et à traverser les mailles du tissu métallique qui retient les particules solides. Le liquide ainsi chassé avec force est reçu dans une enveloppe en tôle qui entoure le tambour, et on le recueille à la sortie.

Pour que les turbines travaillent d'une manière satisfaisante, il est essentiel que leur marche soit aussi régulière que possible, que le tambour n'éprouve pas d'oscillations. Pour réaliser cette condition, on a dû passer par un grand nombre de types successifs, avant d'arriver à la construction aujourd'hui généralement adoptée, et avec laquelle on n'a plus à craindre aucune irrégularité dans le mouvement de rotation. Autrefois, on pensait assurer ce résultat en donnant à l'axe de rotation une très-grande stabilité. On soutenait l'arbre à la partie inférieure dans une crapaudine fixe, et on lui donnait en haut un point d'appui solide. De la sorte, l'axe conservait pendant la rotation une direction verticale invariable. Cette disposition, encore très-employée en France, serait évidemment la meilleure, pour assurer le mouvement régulier du tambour, si la turbine entière pouvait être assez bien travaillée, et si d'autre part la charge à turbiner se répartissait assez uniformément sur la circonférence, pour que le centre de gravité du système restât toujours invariablement sur l'axe idéal de rotation. Mais, en réalité, cet équilibre est impossible à réaliser, et, par suite, le tambour tend toujours à s'incliner du côté où se trouve l'excès de poids et où se reporte le centre de gravité général. L'axe, maintenu par ses points d'appui, doit résister à cette tendance au déplacement, tantôt dans une direction, tantôt dans l'autre, et il en résulte des résistances sur les supports qui se traduisent en somme par des vibrations et des ébranlements dans tout l'appareil. Tous ceux qui ont fait usage de turbines à sucre à axe invariable savent combien leur marche est irrégulière, bruyante, et combien elles exigent de réparations.

Aujourd'hui, en Allemagne du moins, on suit pour la construction des turbines un principe diamétralement inverse du précédent. L'axe repose à la partie inférieure dans une cra-

paudine mobile, et on supprime le palier qui le guidait à son extrémité supérieure. Au-dessous du tambour, on ménage, comme guide, une garniture circulaire susceptible de céder dans tous les sens sous la pression, et qui permet à l'axe de choisir de lui-même la position convenable pendant la marche, suivant que le centre de gravité général est plus ou moins distant de l'axe de symétrie.

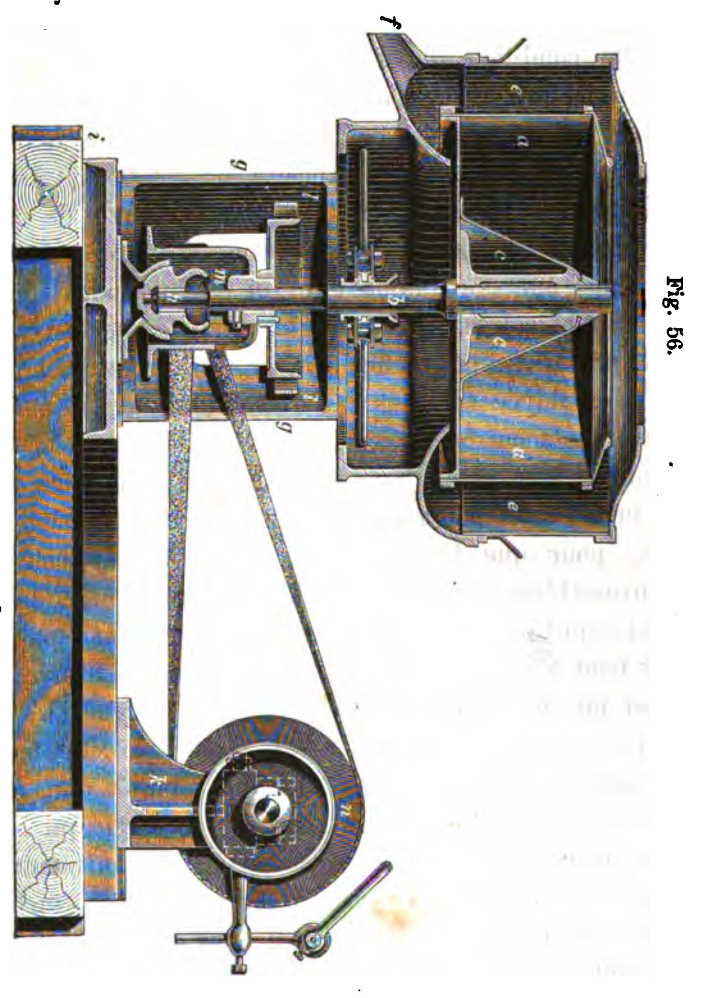
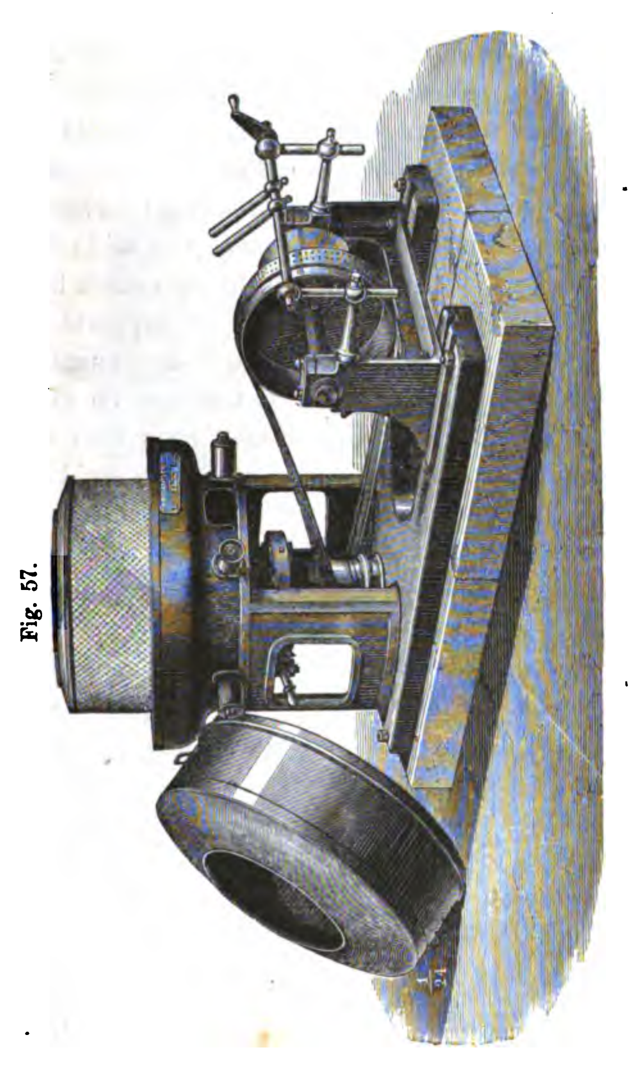


Fig. 56.

Les figures 56 et 57 représentent, en coupe et en perspective, une turbine à pulpe de cette nature parfaitement disposée. La figure 58 donne, en plan, le dessin du même

appareil. Le tambour *a* est fait en tôle très-épaisse, (6 à 7 millimètres), et son poids assez élevé augmente le moment d'inertie de l'appareil, en rendant sa marche plus régulière. Le tambour se comporte en effet dans ce cas comme le volant


Fig. 57.

d'une machine à vapeur qui permet à la manivelle de franchir les points d'arrêt ou points morts, et régularise d'autant mieux la vitesse que son poids est plus considérable. De même, dans la turbine, plus le tambour est pesant, mieux il annule les

secousses ou les variations qui se produisent dans le mouvement, et notamment lorsqu'on verse la pulpe.

Le tambour est rendu solidaire de l'axe par un assemblage à prisonnier et par un écrou qui s'engage dans une partie filetée ménagée au-dessus du cône *c*. On peut d'ailleurs, à l'aide d'un palan, enlever à la fois l'axe et le tambour, s'ils ont besoin de réparation, et les remettre en place sans difficulté.

L'enveloppe ou manteau *e* ménagée autour du tambour, et que la fig. 57 représente enlevée, est en tôle mince et se boulonne sur un bâti en fonte dont la paroi inférieure est inclinée de manière à ramener les jus turbinés dans le canal *f* et de là dans la rigole d'écoulement. C'est sur le même fond qu'est montée la garniture *b* dont nous avons déjà parlé. Le tout est supporté par un bâti creux en fonte *g g* boulonné sur la plaque de fondation *i i*; enfin, l'appareil entier repose sur de forts madriers en chêne.

Avec le système de turbines dont nous nous occupons, il importe, pour que l'arbre ne se fausse pas, qu'il puisse s'incliner tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre et que, par suite, ses supports puissent suivre ce mouvement. D'autre part, toute la charge portant sur un pivot unique, il est essentiel que celui-ci ne s'use que très-lentement.

Pour satisfaire à ces conditions, l'extrémité *h* de l'axe *b* est munie d'une mortaise conique dans laquelle s'engage une pièce d'alliage d'antimoine très-dur. Par sa surface inférieure, cette pièce fait reposer l'axe sur une crapaudine de même composition. Les surfaces de contact ont de 25 à 30 millimètres de diamètre; aujourd'hui, on les fait généralement planes au lieu de leur donner, comme on le faisait autrefois, une forme convexe pour l'une et concave pour l'autre, ou convexe pour toutes les deux. Comme le poids entier de l'appareil se reporte sur ces pièces et que la vitesse de rotation est très-grande, il s'exerce un frottement considérable entre leurs surfaces, qui s'usent obliquement ou se strient. On a donc souvent à les remplacer: on admet toutefois que deux ou trois garnitures par appareil suffisent pour une campagne. La crapaudine elle-même à la forme d'une coupe et

repose par sa surface extérieure sphérique dans une pièce creuse de même forme, montée solidement sur la plaque de fondation *i i*. De la sorte, le support peut suivre tous les déplacements de l'axe et prendre à chaque instant la position la plus convenable pour l'opération.

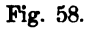
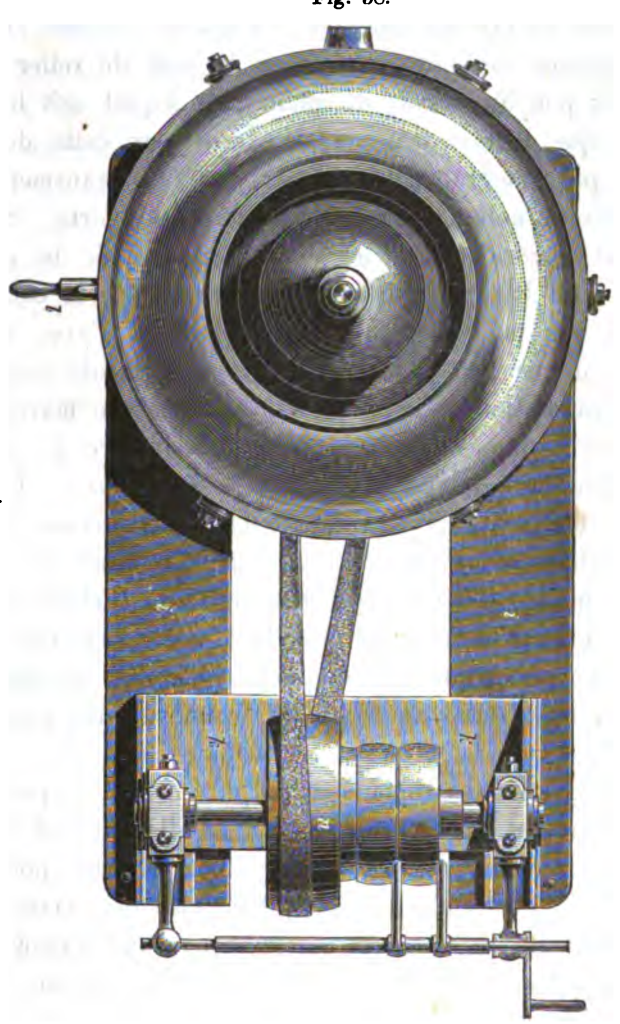


Fig. 58.



Quant à la garniture supérieure qui guide l'axe, elle est formée en partie par des charnières en fer, en partie par des cylindres en caoutchouc vulcanisé épais. Elle est assez mobile et

élastique pour que l'axe, dans la rotation, puisse la déplacer et l'incliner, mais elle revient immédiatement, après la pression, à sa position verticale et régulière.

Pour donner le mouvement à l'axe, on se sert de courroies croisées qui passent sur la poulie de commande *n* d'un arbre intermédiaire et sur une poulie horizontale très-large, solidaire de l'arbre du tambour. Dans la turbine représentée sur les figures ci-jointes, on a eu le soin de relier la poulie à l'axe un peu au dessus du plan dans lequel agit la courroie, de façon que l'effort transversal exercé par cette dernière ne se porte pas intégralement en bas, mais se transmette à l'axe à peu près au milieu de l'intervalle de ses supports. Si, comme on le fait généralement, le point d'attache de la poulie sur l'axe est trop bas, et voisin de la crapaudine, la courroie agit seulement sur la partie inférieure libre de l'axe, tend à la déplacer, donne lieu par suite à des frottements considérables dans la crapaudine et imprime à la turbine une marche irrégulière. Les courroies croisées pour transmettre le mouvement sont préférables aux câbles employés par Fesca. Ces câbles, en même temps qu'ils entraînent une construction plus compliquée, glissent souvent sur la poulie du tambour, et on est beaucoup moins sûr avec eux d'assurer à la turbine une vitesse donnée. Lorsqu'on veut arrêter la turbine, on fait passer la courroie de commande sur la poulie folle, et, en agissant sur la poignée *l*, on serre un frein qui frotte sur une poulie montée sur l'arbre *b*.

Aujourd'hui, les turbines à pulpe que l'on emploie le plus généralement ont un tambour de 1^m de diamètre et de 40 centimètres de hauteur sur les côtés. Elles exigent, pour la mise en train, un effort qu'on estime à deux chevaux, mais une force plus faible suffit pour entretenir le mouvement quand elles sont lancées. Elles n'atteignent leur vitesse maximum de 12 ou 1500 tours qu'au bout de quelques minutes après la mise en marche. Les essais que j'ai faits en 1858 sur des turbines de Fesca commandées par câbles, m'ont donné les résultats suivants:

Pendant la	1re	minute	100	tours du tambour
-	2e	-	250	- -
-	3e	-	550	- -
-	4e	-	725	- -
-	5e	-	850	- -
-	6e	-	950 à 1000	-

Les turbines commandées par courroies atteignent leur vitesse maximum avant 6 minutes. Du reste, il est très-facile de mesurer la vitesse de rotation réelle, en se servant d'un compteur enregistrant, minute par minute, le nombre de tours de l'appareil, et cet emploi du compteur est en tous temps une bonne chose, attendu que le rendement des turbines est étroitement lié à leur vitesse de rotation.

La pression totale qui s'exerce, le long des parois et en vertu de la force centrifuge, sur la pulpe, est facile à calculer. Elle est donnée par la formule $\frac{M\ C^2}{G\ R}$ dans laquelle:

M est le poids en kilog. de la pulpe à turbiner, soit 150 kos.

G l'accéleration due à la pesanteur, $9^m,8088$.

R le rayon du tambour soit $0^m,50$.

C la vitesse par seconde en mètres, dont est animé chaque point de la circonférence du tambour. Ainsi, pour 1000 révolutions par minute et une circonférence de $3^m,14$ correspondant à un mètre de diamètre, chaque point de la surface parcourt un espace de 3,140 mètres par minute, ou, par seconde $52^m,30$; par suite, $C^2 = (52,3)^2 = 2735,29$. [Cette valeur de C doit être prise pour un point de la surface même du tambour ou des couches de pulpe les plus voisines de l'enveloppe; pour les points plus rapprochés du centre, la vitesse réelle serait beaucoup plus faible, car la couche de pulpe peut avoir 7 ou 8c d'épaisseur.]

On a, par suite, $\frac{M\ C}{G\ R} = \frac{150 \times 2735,29}{9,8088 \times 0,50} =$ 83,733 kos pour la pression totale maximum sur la surface de

tambour; or, cette surface est de 3,14 × 0,40, (produit de la hauteur par la circonférence), soit $1^{mq},256$. Chaque centimètre carré de la surface ou de la couche de pulpe extérieure est donc soumis à une pression de $\frac{83,733}{12,560}$ ou $6^{k},6$, soit 6 atmosphères et demie. La pression sur la surface intérieure de la couche de pulpe se calcule de même. La vitesse moyenne est de $3,14 \times 0,84 \times \frac{1000}{60} = 43^{m},96$, et l'on a, d'après la formule citée plus haut, $\frac{150 \times 1912}{9,8088 \times 0,42}$, soit 70,000 k^{os} comme pression totale minimum.

Au fur et à mesure que le jus se turbine et que le poids de la pulpe diminue, la pression exercée par la force centrifuge s'affaiblit, et à la fin de l'opération, si l'on admet un poids de résidu de 33⅓ pour cent, la pression ne serait plus que le tiers de ce qu'elle était au début. Mais, en réalité, la couche de pulpe devenant moins épaisse, chacune des parties qui étaient primitivement rapprochées du centre prend une vitesse plus grande, et les effets se balancent en partie. Naturellement, à la mise en train, la vitesse étant beaucoup plus faible, la pression est également réduite. Il en est de même à l'instant où on introduit la pulpe dans la turbine; la vitesse du tambour tombe pendant assez longtemps à 6 ou 700 tours par minute et ne revient que peu à peu à son maximum. Il est d'ailleurs facile de voir que C^2 et M ne peuvent pas avoir en même temps leur plus grande valeur, et que, par suite, on n'aura jamais comme pression réelle celle que nous avions calculée plus haut en prenant pour chaque variable le chiffre le plus fort.

Les expériences suivantes indiquent le rendement en jus qu'on peut obtenir suivant la charge de l'appareil en pulpe, et la durée du turbinage.

Dans une première série d'essais, on fit croître à la fois et proportionnellement la charge de pulpe et la durée du turbinage; on trouva:

Avec une charge de	Durée	Jus extrait	Résidu
50 k^os	4 minutes	66,7 %	33,3 %
75 -	6 -	65,3 -	34,7 -
100 -	8 -	63,35 -	36,65 -
125 -	10 -	65,2 -	34,8 -
150 -	12 -	63,22 -	36,78 -
175 -	14 -	62,0 -	38,0 -

En laissant la durée de la rotation constante et égale à 5 minutes, mais avec des charges variables, on trouva:

Pour des charges de	jus	résidu.
50 k^os	64,5 %	35,5 %
75 -	67,4 -	32,6 -
100 -	65,0 -	35,0 -
125 -	62,4 -	37,6 -
150 -	57,0 -	43,0 -
175 -	55,7 -	44,3 -

(Chacun des chiffres ci-dessus représente la moyenne de trois expériences).

Ilienkoff a obtenu, pour une durée de turbinage de 5 minutes, avec 100 kilos de pulpe, et à une vitesse de 1000 tours, sur 5 essais, une moyenne de 57 % de jus. Dans 5 autres expériences faites également sur 100 k^os, mais avec une vitesse de 1200 tours, il trouva 61,7 % de jus. Ainsi, l'accroissement de vitesse n'avait en réalité augmenté le rendement que de 2,7 %, chiffre insignifiant.

La majeure partie du jus est chassée de la pulpe dans la première minute de rotation. Pendant le reste du turbinage, la production du jus est incomparablement moindre. L'appareil donne:

Dans la 1re minute	40,45 %	de jus
- 2e -	8,5	-
- 3e -	5,2	-
- 4e -	2,75	-
- 5e -	2,1	-
Total	59,0 %	

En prolongeant l'opération, on trouve:

De 5 à 10 minutes	5,7 %
De 10 à 14 minutes	0,3 -
Total en 14 minutes	65,0 % de jus.

Ces expériences démontrent, ce que l'on devait prévoir déjà à la seule inspection des chiffres de la pression exercée sur la pulpe, que la simple action de la force centrifuge donne des résultats beaucoup moins avantageux que la presse hydraulique. Le point essentiel dans le procédé des turbines est donc d'utiliser l'action d'épuisement et de déplacement par l'eau de clairçage; nous reproduisons à ce sujet les résultats fournis par l'expérience.

Ilienkoff, opérant sur 100 k°ˢ de pulpe additionnés à la turbine de 45 % d'eau, trouva, comme moyenne de 3 expériences:

de la 1ʳᵉ à la 5ᵉ minute	58,5 % de jus	et	0 % d'eau
- 5ᵉ - 10ᵉ -	27,6 -	-	25,25 -
- 10ᵉ - 15ᵉ -	1,35 -	-	3,75 -

Soit en 15 minutes, au total, 87,45 % de jus et 29,0 % d'eau, qui furent envoyés ensemble à la défécation, tandis que les 16 % d'eau complémentaires restèrent dans le résidu unis aux 7 ou 8 % de jus que le turbinage y avait laissés.

Le même expérimentateur, en opérant sur des quantités d'eau successivement croissantes, obtint les résultats suivants:

Charge de pulpe. kilogrammes.	Eau ajoutée. kilogrammes ou taux %.	Rendement en jus ramené à la densité du jus naturel 7°,9 Baumé. kilogrammes ou taux %.	Eau contenue dans le jus. kilogrammes.	Eau contenue dans le résidu taux %.	Densité réelle du jus séparé.
100	40	82,5	32,5	7,5	5°,7 Baumé
100	60	89	39	21	5°,5 -
100	60	89,5	40	20	5°,5 -
100	70	90	46,5	23,5	5°,25 -
100	80	90,5	53,5	26,5	5°,0 -

On voit que l'action de l'eau ne se fait pas longtemps sentir. Déjà, dans la seconde expérience, ou dans la troisième qui porte sur les mêmes quantités, un accroissement de 20 % ne donne pour le jus qu'une augmentation de 6,5 % ou 7 % au plus, et fait passer dans les liquides à travailler une quantité d'eau à peu près équivalente (6,5 ou 7 %). Cette proportion totale de 60 % forme donc la limite extrème à laquelle on peut considérer l'addition d'eau comme avantageuse pour le rendement. Au delà, une nouvelle quantité d'eau n'augmenterait la production du jus que d'une quantité relativement insignifiante, et la dépense pour évaporer l'eau incorporée au jus serait plus grande que l'économie due à un épuisement plus parfait. Ainsi, si l'on compare les essais n°s 3 et 5, les 20 % d'eau qu'on ajoute ne donnent que 1% de jus en plus, tandis qu'ils augmentent de 13,5 % la proportion d'eau inutilement mélangée à ce jus. Ces résultats défavorables que l'on observe pour une dépense d'eau trop forte s'expliquènt par l'action trop rapide du turbinage. L'eau qu'on ajoute traverse immédiatement la couche de pulpe dès qu'elle est lancée dans la turbine, sans qu'elle ait le temps de se mélanger intimement au jus, et de rester assez en contact avec la masse pour l'épuiser réellement. L'instantanéité du turbinage, si précieuse qu'elle soit; à d'autres points de vue, pour diminuer la main-d'œuvre et accélérer le travail, constitue donc le côté faible des turbines. Si l'on ne se contente pas d'un rendement très-médiocre, il faut nécessairement recourir à un remède extrème, dépenser beaucoup d'eau, et accroître d'autant les frais d'évaporation. En outre, il en résulte cet inconvénient qu'on fait passer de la sorte dans le jus une notable partie des matières minérales ou organiques nuisibles, comme le sulfate de chaux, les sels alcalins, les principes ulmiques, etc.

En prolongeant l'action des turbines, j'ai obtenu, comme moyenne de plusieurs expériences:

Avec	150 k^{os}	de pulpe et	30 %	d'eau	30,58 %	de résidu
-	150	-	-	40 -	-	31,60 -	-
-	150	-	-	50 -	-	30,9 -	-

Si l'on dose à part les liquides contenus dans les couches de pulpe turbinée qui se trouvent à l'extérieur et à l'intérieur, on trouve que:

	la couche intérieure donne des jus à	
Avec 30 % d'eau,	3,5 % Balling	et 2,0 % de sucre
- 40 - -	3,1 - -	- 1,74 - -
- 50 - -	2,8 - -	- 1,16 - -

	la couche extérieure donne des jus à	
Avec 30 % d'eau,	4,6 % Balling	et 3,12 % de sucre
- 40 - -	3,2 - -	- 1,94 - -
- 50 - -	2,8 - -	- 1,71 - -

A mesure que la proportion d'eau ajoutée augmente, le taux % de sucre décroît. La couche intérieure exposée à l'action immédiate de l'eau contient d'ailleurs, comme on devait s'y attendre, beaucoup moins de sucre que les couches plus éloignées, celles-ci ne recevant que de l'eau déjà mélangée, en proportion plus ou moins grande, avec le jus.

En faisant varier dans le même sens les charges de pulpe et la durée de rotation, j'ai trouvé, pour une addition d'eau de 50 % constante dans tous les cas, et comme moyenne de plusieurs essais, les chiffres suivants:

Charge de pulpe	Durée de la rotation	Résidu	Le jus du résidu marquait	
50 k^os	16 minutes	29,3 %	4,17 % Balling	et 2,76 % de sucre
75 -	18 -	32,8 -	3,33 - -	- 2,11 - -
100 -	28 -	28,8 -	3,83 - -	- 2,6 - -
125 -	33 -	33,0 -	3,57 - -	- 2,2 - -
150 -	36 -	30,4 -	3,43 - -	- 1,97 - -
175 -	40	33,0 -	2,7 - -	- 1,69 - -

Il semble résulter de ces essais que l'action d'épuisement due à l'eau est d'autant plus prononcée que la couche de pulpe est plus épaisse, qu'elle offre plus de résistance au passage de l'eau et que la durée du contact est par suite plus grande.

150 k^os de pulpe et 40 % d'eau ont donné, pour des durées de rotation successivement croissantes:

				sucre
En 20 minutes,	35,1%	de résidu, dont le jus marquait	3,4%	2,1 %
- 25 -	31,2 -	- - -	3,1 -	1,85 -
- 30 -	29,0 -	- - -	2,6 -	1,53 -
- 40 -	28,9 -	- - -	2,3 -	1,38 -

En opérant sur le jus des résidus immédiatement après turbinage, Siemens trouva 2,1% de sucre, tandis qu'après trois heures de repos, les mêmes résidus donnaient un jus marquant 3,4% de sucre et au bout de 12 heures 4,2%. Ces résultats prouvent jusqu'à l'évidence l'avantage d'une action prolongée de l'eau dans la turbine. Ils démontrent en même temps qu'on trouve toujours la teneur des résidus en sucre plus faible qu'elle ne l'est réellement, si l'on procède à l'essai polarimétrique immédiatement après le turbinage, que, par suite, la polarisation faite dans ces conditions ne fournit de données précises ni sur la quantité de sucre laissée dans la pulpe, ni sur celle que renferment les jus turbinés. On trouve toujours pour la première un chiffre trop faible, pour la seconde un chiffre trop fort. Dans le chapitre spécial qui traite du dosage de jus à l'aide de l'analyse des résidus, nous reviendrons sur ces conclusions. Ici, je me bornerai à faire observer que, dans presque tous les rendements publiés pour cette question, cette cause d'erreur a fait évaluer trop haut la quantité de sucre renfermée dans les jus, ou trop bas celle que retient la pulpe.

Quelques exemples feront mieux ressortir l'importance de l'erreur que l'on peut commettre ainsi:

En traitant à la turbine des betteraves dont le jus initial marquait 9,6% au polarimètre, on trouve que la pulpe contient 16,8% de parties solides, (ligneux et sucre) et 83,2% d'eau, et que le jus de cette pulpe accuse au polarimètre, immédiatement après turbinage, 1,6% de sucre. 100 kilog^mes de pulpe contiennent donc approximativement $\frac{83,2 + 1,6}{100} \times 1,6$ ou 1,36% de sucre, et, comme la pulpe des turbines représentait 33% du poids des betteraves, on voit, qu'en se basant uniquement sur les résultats de l'analyse, la perte en sucre serait de

$\frac{1,36}{3}$ ou 0,45 pour 100 k^{os} de betteraves, et c'est un chiffre que l'on cite souvent. Il correspond à un rendement en jus de $\frac{9,6 - 0,45}{9,6} \times 95$ ou 90,5. Or, ces mêmes betteraves donnent, en masse cuite 9,5 % du poids de la betterave et il est facile de constater que ce chiffre n'est pas d'accord avec la perte indiquée par l'analyse.

J'ai constaté en effet à Kœnigsaal que les betteraves dont le jus marquait 10,05 de sucre, donnaient, avec un rendement de 78 % à la presse, 8,83 % de masse cuite. On aurait donc dû avoir, pour les betteraves travaillées à la turbine, $\frac{9,6}{10,05} \times \frac{90,5}{78} \times 8,83$, soit, comme masse cuite, 9,78.

On voit que la différence entre la masse cuite réellement obtenue et celle qu'avait fournie le calcul est de 0,28 % de betteraves, ce qui correspond à un rendement réel en jus de 87,8 %, au lieu de 90,5 déduit du calcul. La pulpe épuisée avait donc retenu en réalité 7 % de jus au lieu de 4,5 et aurait dû accuser au polarimètre 2°,4 au lieu de 1°,6, si l'eau et le jus y avaient formé un mélange réellement homogène.

On voit par ces différences à quelles inexactitudes peut conduire, pour le rendement réel, la polarisation immédiate des pulpes au sortir de la turbine.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, dans les turbines, la couche de pulpe placée à l'intérieur est beaucoup mieux épuisée que la couche extérieure. Immédiatement en contact avec l'eau de clairçage: elle lui cède beaucoup mieux le sucre qu'elle renferme. Les expériences citées plus haut le prouvent péremptoirement. J'ajouterai que j'ai obtenu, comme moyenne de nombreux essais au polarimètre, pour le jus de la couche intérieure 3,02 % Balling et 1,73 % de sucre, pour la couche extérieure 4,00 - - - 2,49 - - -

Cette différence augmente naturellement lorsque les couches sont plus épaisses ou la charge plus forte, et elle dépend de la quantité d'eau ajoutée.

Mais ce n'est pas seulement entre les couches intérieures et extérieures qu'on observe une différence de richesse saccharine. Les échantillons prélevés en haut ou en bas du tambour ont également une composition différente. Ainsi, j'ai trouvé:

en haut	1,42 %;	en bas	1,16 %	de sucre.
-	1,71 -	-	1,42 -	-
-	2,29 -	-	1,42 -	-
-	1,16 -	-	1,16 -	-
Soit en moyenne	1,645 %,	et	1,285 %	de sucre.

La conséquence de ce qui précède, c'est que, pour obtenir avec les turbines, un travail régulier et un rendement avantageux, il est nécessaire d'apporter une grande attention à l'emploi de l'eau qu'on ajoute à la pulpe. Or, cette condition suppose et une bonne disposition des tuyaux qui amènent l'eau, et une manœuvre intelligente de l'appareil. Le tube d'amenée de l'eau est percé de petits trous qui forment une série de filets d'eau ou muni d'une fente étroite, dirigée suivant la longueur, à travers laquelle l'eau passe en formant comme une nappe fluide.. Quant à donner des chiffres pour le nombre de ces trous, leur écartement, leur diamètre, les opinions sur le meilleur dispositif sont très-divergentes. Le plus souvent, on ménage quatre séries de trous d'un diamètre d'un millimètre, mais on ne peut poser à cet égard que quelques règles générales. Les trous doivent être assez nombreux et assez rapprochés, pour que les filets séparés à leur origine puissent néanmoins se confondre et se rencontrer avant d'arriver à la périphérie. Si l'on néglige cette précaution, les filets tombent séparés sur la pulpe, il se forme sur celle-ci des bandes qui sont, alternativement, les unes fortement, les autres très-peu claircées. Pour assurer encore mieux la répartition uniforme de l'eau, on fait souvent converger les filets liquides les uns vers les autres, en donnant aux orifices des directions obliques. On peut aussi donner au tube des déplacements verticaux alternatifs pendant qu'on injecte l'eau. A cet effet, le tuyau est maintenu à la partie supérieure par un ressort qui le ramène au point le

plus haut de sa course dès que l'ouvrier cesse d'appuyer avec la main. En tout cas, et quel que soit le mode d'injection de l'eau, on ne saurait trop recommander un contrôle attentif du travail de l'ouvrier et du fonctionnement du tuyau, car la moindre irrégularité d'un côté ou de l'autre se traduit immédiatement par des pertes considérables. Ainsi, Ilienkoff a reconnu qu'il suffisait que le 10e des trous fût bouché pour que le rendement diminuât de 3 %. Les fentes s'obstruent également très-vite, soit par les particules de pulpe, soit par les impuretés de l'eau, et il faut exercer sur elles une surveillance constante. Du reste, leur nettoyage est beaucoup plus facile que celui des trous. L'eau doit toujours être lancée normalement sur la pulpe et suivant la direction des rayons. Si le jet est oblique et si, en même temps, il est dirigé en sens inverse du mouvement du tambour, l'eau vient frapper avec violence la pulpe en mouvement et est projetée hors de l'appareil, ce qui entraine une perte de jus notable.

La proportion d'eau totale qu'on ajoute, tant à la râpe qu'aux turbines, varie, suivant la concentration du jus, de 50 à 70 %. Sur cette quantité, le quart ou le tiers, (souvent même, avec des jus très-visqueux, la moitié), est donné à la râpe, le reste est employé au clairçage. Beaucoup de fabricants pensent qu'on améliore le rendement en laissant couler aussi peu d'eau que possible sur la râpe et la réservant pour le turbinage. D'autres, et parmi eux Otto, recommandent, avec plus de raison, de ne pas craindre une forte addition d'eau au moment même du râpage, et sont d'avis qu'on a plus d'avantages à turbiner des jus étendus qu'à compter sur l'action d'épuisement d'un excès d'eau au turbinage.

L'inconvénient le plus réel de l'emploi des turbines pour l'épuisement de la pulpe, c'est que ce procédé exige essentiellement un ouvrier intelligent pour desservir l'appareil et ajouter l'eau. C'est une objection très-sérieuse à son emploi, là où l'on ne peut recruter qu'un personnel nomade et inexpérimenté. Tous ceux qui ont étudié la question penseront comme moi que le turbinage n'a par là même de chances de succès que dans

les pays où l'on trouve une population ouvrière soigneuse et déjà formée.

Du reste, la couleur des résidus donne un moyen de contrôle assez efficace de l'action de la turbine. Plus le résidu est blanc au moment où on le retire, plus il reste longtemps avant de noircir à l'air, et moins il conserve de jus. Au contraire, les résidus rougeâtres contiennent encore beaucoup de jus, et, par là même, noircissent rapidement dès qu'ils sont exposés au contact de l'air.

Le jus, au moment où il sort des turbines, est toujours couvert d'une mousse abondante formée de petites bulles. On doit par suite avoir soin de disposer la rigole pour l'écoulement de façon que le jus coule sans la mousse pour arriver aux chaudières de défécation. On recueille la mousse qui reste au dessus, et on la rejette dans la turbine sur la pulpe avant de claircer. On peut également rassembler cette mousse dans des bacs spéciaux et la ramener à la forme de jus par l'injection d'un courant de vapeur. Un autre inconvénient des turbines consiste dans le passage dans le jus d'une forte proportion de particules solides qui donnent ensuite à la défécation une énorme quantité d'écumes. Ces écumes augmentent beaucoup quand on fait marcher les turbines à une grande vitesse, et il faut compter de ce fait à la défécation au moins un ouvrier de plus qu'avec les presses, par 50,000 k^{os} mis en oeuvre.

Les garnitures métalliques des turbines s'encrassent très-rapidement d'un dépôt adhérent de pulpe ligneuse, et ne laissent plus alors passer le jus qu'avec difficulté. Aussi, doit-on avoir une garniture de réserve de manière à changer les toiles toutes les six heures et à nettoyer celles qui viennent de servir. On les laisse tremper pendant une heure dans l'eau additionnée d'un peu de chaux ou de soude de façon à détacher le dépôt solide; on traite ensuite la toile par l'eau chaude, enfin on fait arriver un fort jet d'eau sur le tissu pendant qu'on achève d'enlever la pulpe avec des brosses. Cette facilité de nettoyage constitue un avantage du procédé des turbines. Les garnitures durent longtemps, se réparent sans difficulté, et il suffit d'en

avoir deux ou trois pour toute la campagne. Ce matériel entraîne donc beaucoup moins de peine et de dépenses que celui des sacs avec les presses.

Pour évaluer les quantités de jus fournies par une turbine, il faut, comme nous l'avons dit, peser et mesurer ce jus, et ne pas compter sur les essais au polarimètre du résidu. Il suffira d'essayer à l'aréomètre le poids de jus et de mesurer son volume à chaque défécation pour en déduire immédiatement le rendement réel. Pour avoir la proportion entre le jus initial et l'eau ajoutée, il suffira d'un simple calcul de réduction, si l'on connait par des essais préalables la densité ou le degré réel du jus non étendu.

D'habitude, dans les fabriques, les turbines sont disposées par lignes. Au-dessus se trouve la caisse à pulpe, sorte de grand entonnoir en fer fermé en bas par une valve et qui roule à l'aide de galets dont il est muni sur deux rails disposés au-dessus des turbines. Après avoir rempli la caisse de la quantité voulue de pulpe, on l'amène au-dessus de la turbine à emplir, lancée à pleine vitesse, et on ouvre la valve inférieure. La pulpe descend sur le cône de la turbine et se répartit ensuite très-vite le long des parois, de manière à former une couche d'épaisseur homogène. Sur le plancher des turbines qui porte leur transmission, et un peu au-dessus de chaque appareil, se trouve un vase contenant la quantité d'eau nécessaire pour l'épuisement. Un flotteur, dont l'index se meut sur une échelle placée immédiatement au dessus de la turbine, indique à l'ouvrier le niveau de l'eau et lui permet de régler en conséquence le robinet par lequel cette eau arrive à la turbine. Un raccord en caoutchouc, facile à ôter, assure la communication entre le tuyau venant du réservoir et celui de clairçage fixé sur la turbine. Ce dernier prend son point d'appui sur la partie supérieure de l'enveloppe et est coudé à angle droit de façon à entrer verticalement dans la turbine. Autrefois, on cherchait à mettre les réservoirs d'eau de claircе aussi élevés que possible au-dessus des turbines, sous prétexte que plus l'eau avait de vitesse en arrivant sur la pulpe et mieux elle

devait agir pour déplacer le jus. Mais on ne tarda pas à reconnaître que, dans ces conditions, et sous une forte pression, l'eau agissait trop vite sur la masse, restait trop peu en contact avec elle, et se mélangeait moins bien au jus; par suite, le rendement en jus était en réalité moindre qu'avec de l'eau lancée sous une pression plus faible. Depuis, on a toujours placé les réservoirs assez bas. L'expérience a également prononcé sur le moment le plus convenable pour ajouter de l'eau. Auparavant, on ne commençait à ajouter l'eau que quand tout le jus était presque complètement turbiné. Maintenant, on commence souvent une ou deux minutes après le chargement de la turbine, quand le jus sort encore en abondance, et on ajoute l'eau par fractions et de minute en minute. Avec cette précaution, et pour le même temps de rotation, on obtient un contact plus prolongé entre l'eau et la pulpe et, par suite, un rendement incontestablement meilleur.

Une turbine avec des charges de 100 k^os^, exige 20 minutes par opération (15 minutes de rotation, 5 minutes pour la mise en train, le chargement, l'enlèvement du résidu). Ce travail correspond à trois turbinages par heure soit 300 k^os^ de pulpe, et en 20 heures de travail à 6,000 k^os^. Comme il faut tenir compte des temps perdus on admet qu'il faut, par 50,000 k^os^ de travail journalier, 9 turbines.

Il est facile d'établir un prix de revient approché de cette main-d'œuvre:

Une turbine avec ses garnitures coûte au minimum	2,000 ^f^
Les rigoles, transmissions, estrades, courroies, environ	750 -
Total . . .	2,750 ^f^

Le capital de premier établissement pour un râpage de 50,000 k^os^ par jour peut donc être évalué comme suit:

Turbines et leur accessoires	24,750 ^f^
Une machine à vapeur de 18 chevaux pour les mener	7,500 -
Une râpe complète avec tambours de réserve . .	4,000 -
Dépense de premier établissement	36,250 ^f^

Les frais de réparation et de remplacement des garnitures représentent au minimum 3,000 francs par an

Le personnel nécessaire se compose de:

1 homme à la râpe,
2 - aux turbines pour ajouter l'eau,
4 - pour le transport des pulpes et résidus,
2 - pour laver les toiles, entretenir la propreté,
1 - pour enlever les mousses et les réduire.
Total 10 hommes.

(Cependant certains fabricants emploient souvent pour cet atelier jusq'à 14 ouvriers).

Le calcul du prix de revient du jus, pour une mise en œuvre de 6,000,000 de kilogrammes de betteraves par campagne, s'établit dès-lors comme il suit:

a.	6,000,000 de k^mes de betteraves à 24^f . . .	144,000^f
b.	Transport et nettoyage des racines, 14 ouvriers par poste soit pour 120 jours 3,360 journées à 1^f,20	4,032 -
c.	Intérêts et amortissement à 10 % du capital de premier établissement	3,625 -
d.	Réparations et achat de garnitures neuves .	3,000 -
e.	Personnel de la râpe et des turbines, 10 ouvriers par poste soit 20 par jour pour la campagne, 2,400 journée à 1^f,20	2,880 -
f.	Combustible pour la machine (18 × 22 × 5) = 1,980 k^os de houille par jour soit pour 120 jours 238 tonnes à 36 francs	8,568 -
g.	L'évaporation de 30 % d'eau soit 1,800 tonnes à 1 k^o de houille pour 5 k^mes d'eau exige 360 tonnes de houille à 36 francs, soit . .	13,960 -
	Total . . .	180,065^f

Dans ces conditions, on obtient pour un rendement de jus de 80 % 5,280,000 k^os de jus à la densité originaire, ce qui fait ressortir le prix de revient de 1,000 k^os de jus à 34^f,10.

Si, au lieu d'ajouter seulement 30 % d'eau à la turbine on en ajoute 50 %, les frais d'évaporation s'accroissent de 9,306ᶠ et le total de la dépense s'élève à 189,371ᶠ. On obtient de la sorte 10 % de jus en plus et le rendement total s'élève à 5,400,000 k°ˢ; par suite les 1,000 k°ˢ de jus reviennent à 35ᶠ,06.

La composition moyenne des résidus des turbines peut se représenter ainsi qu'il suit:

82,6 %	à	85,0 %	d'eau,
13,5	- -	12,0 -	de résidu ligneux,
2,4	- -	2,4 -	de sucre,
1,5	- -	0,6 -	d'éléments solubles du jus en dehors du sucre
100 %		100 %.	

Ces résidus sont donc plus aqueux et par suite moins nourrissants que les tourteaux de presse. Néanmoins, ils se conservent aussi bien et sont aussi recherchés par le bétail. On n'a donc à se préoccuper qu'assez peu de la valeur de la pulpe comme aliment, lorsqu'il s'agit d'apprécier le procédé d'extraction du jus par les turbines, et l'on doit surtout envisager le rendement en sucre. D'après Grouven, les résidus du turbinage ont une valeur de 10 à 11 francs les mille k°ˢ, tandis qu'on estime la pulpe des presses à 18 ou 20 francs.

Les résidus de turbine renfermant une forte proportion d'eau, il est bon, pour les conserver, de les mélanger avec de la paille hachée assez fin. On a contume également d'y ajouter une certaine proportion de sel. Lorsqu'on les donne au bétail, il est nécessaire d'y ajouter des éléments riches en azote, des tourteaux oléagineux, par exemple, pour que les animaux puissent s'assimiler une nourriture assez riche en éléments plastiques (qui servent au développement des muscles et des os).

Pendant qu'on les conserve, les résidus de turbine entrent en fermentation presque aussi vite que les tourteaux de presse; la saveur acide, le goût particulier, (dû à l'éther acétique), qu'ils acquièrent, sont presque aussi caractérisés que pour la

pulpe obtenue par les presses. Cette circonstance prouverait évidemment que les résidus des turbines contiennent tout autant de sucre que les autres, bien qu'on ait essayé de prouver le contraire par des essais au polarimètre faits dans de mauvaises conditions.

Chapitre V.

Extraction du jus par les presses continues.

On a mille fois cherché à remplacer, par d'autres dispositifs de mécanique, l'installation coûteuse des presses hydrauliques, et à supprimer la dépense considérable des sacs à pulpe. En dehors des considérations économiques, il était encore rationnel de chercher à obtenir une extraction aussi rapide que possible pour préserver les jus du contact trop prolongé de l'air, l'action conservatrice de la chaux ne pouvant être efficacement utilisée avant la séparation de la pulpe. La méthode, fondée sur la force centrifuge, dans laquelle on ajoute, comme nous venons de le voir, à l'effet mécanique de la turbine, l'action d'épuisement de l'eau, n'a pas résolu le problème; l'eau n'a pas en effet le temps nécessaire pour pénêtrer et épuiser complètement la pulpe; mais un avenir meilleur semble réservé, dans le même ordre d'idée, aux presses continues à rouleaux dont on commence à se servir pour extraire le jus de la pulpe, et il n'est pas étonnant que ces appareils aient été, depuis longtemps, l'objet d'essais fréquemment renouvelés.

Un des plus anciens types de presse continue a été construit par Sigl, de Vienne; l'appareil était formé de quatre couples de cylindres horizontaux entre lesquels un jus de feuilles de tôle perforée, articulées à charnières, faisait passer successivement le pressin. L'inventeur espérait, au moyen de cette disposition, obtenir en une seule pression pour le moins autant de jus qu'avec les presses hydrauliques les plus puissantes. Mais il suffit de réfléchir aux conditions mêmesdu

problème pour se convaincre que ce n'était là qu'une illusion: l'expérience, du reste, le prouva bientôt. Avec les pressions mal calculées que donnait cette machine, le travail était à chaque instance interrompu; chacune des parties était hors de service à tour de rôle, et ce fut, en pure perte que l'inventeur fit une dépense considérable d'argent, de travail et d'intelligence, au service de cette idée.

Vouloir retirer mécaniquement en une seule pression la totalité du jus, c'était poser un problème trop difficile à résoudre, et si l'on s'en était tenu à cette manière d'envisager la question, les presses continues n'auraient eu aucune chance de succès. Même avec les presses hydrauliques, il y a quelquefois interêt à recourir à une seconde pression pour obtenir un plus fort rendement en jus; or, si une seconde pression est avantageuse avec les presses hydrauliques, alors que le déplacement des sacs et leur double chargement, le montage et la démolition des piles, etc., nécessitent une main d'œuvre considérable, il est évident que cette double opération doit être encore plus rémunératrice avec des machines qui n'exigent aucune main d'œuvre. Aussi, les presses continues n'ont elles été mises de nouveau à l'ordre du jour, que lorsqu'on s'est proposé d'extraire rapidement la majeure partie du jus (60 à 75 %), et de compléter l'extraction soit par une seconde pression, soit au moyen de la macération. Dans l'état actuel de notre industrie, l'extraction complète du jus est une condition nécessaire de succès; j'ai cherché, pour ma part, à obtenir spécialement les dernières portions du jus par la macération, et mes travaux m'ont conduit à cette conviction que les presses continues pouvaient parfaitement résoudre le problème restreint de l'extraction préalable. Que d'ailleurs, au lieu de la macération, on puisse avoir recours à une double pression, que le mélangeur de Schlickeysen, employé entre deux pressions n'exigeant que quelques minutes, puisse être avantageux, là n'est pas la question; le point sur lequel nous devons insister, c'est que les presses continues constituent le moyen d'extraction le plus simple et le plus rationnel: par la suppression de la main d'œuvre, elles

rendent le travail de nos usines aussi automatique, aussi machinal que l'est, par exemple, la fabrication du papier.

Après Sigl, Liebert s'est longtemps occupé de cette question: sa presse consistait en une grande table concave sur laquelle glissaient des tiroirs qui saisissaient la pulpe et l'entraînaient dans leur mouvement; l'intervalle entre la surface de la table et le fond des tiroirs diminuant successivement, le volume de la pulpe se trouvait ainsi reduit et la pression progressivement accrue. La complication de cette machine fut la seule cause qui l'empêcha de réussir dans la pratique.

Robert employait des laminoirs qui présentaient des interstices faiblement espacés, assez étroits pour laisser au jus un écoulement facile sur plusieurs points de la surface, tout en s'opposant au passage de la pulpe. Je ne sache pas que cette presse ait été jamais employée avec succès. — Par contre, dès 1856, les presses continues à rouleaux de Pecqueur avaient été déjà l'objet d'un certain nombre d'applications. Comme cette presse a servi de type à plusieurs imitations, nous croyons utile de donner ici la description de ses principaux organes: la figure 59 représente la presse suivant une coupe parallèle à l'axe des cylindres; la figure 60 en donne une section, suivant A B, perpendiculaire à la précédente.

La pulpe est introduite dans le réservoir en cuivre *a* d'où le piston *h'*, qui se meut dans un cylindre creux, en fonte, *b*, la refoule dans un second réservoir en fonte ou en tôle *d d*; la soupape *c* à ressort *i* se ferme après chaque coup de piston et s'oppose au retour de la pulpe dans le corps de pompe. Deux cylindres en cuivre perforé *e*, très-résistants et recouverts d'une toile métallique très fine, ferment le réservoir *d*; la pulpe, refoulée entre ces cylindres, qui sont animés d'un mouvement de rotation en sens inverse; s'y trouve comme laminée; et le jus extrait par cette pression coule dans l'interieur des cylindres, d'où il sort par le tuyau *h*, tandis que la pulpe, épuisée par le laminage, est rejetée latéralement par la cloison en tôle *f*: une soupape de sûreté *g* permet l'expulsion de la pulpe quand la pression devient trop considérable sous les cylindres

Une tige *j* qui commande le piston *h'*, une manivelle *l*, une poulie *m*, une roue conique *o*, une roue de commande *r*, etc., telles sont les principales pièces de la transmission de mouvement qui peut être d'ailleurs disposée d'une façon toute différente.

Fig. 59.

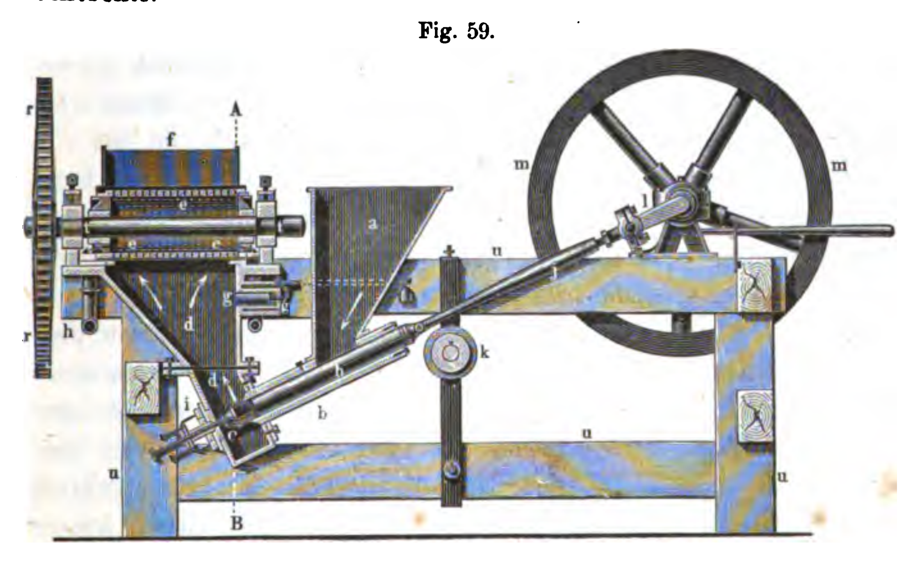
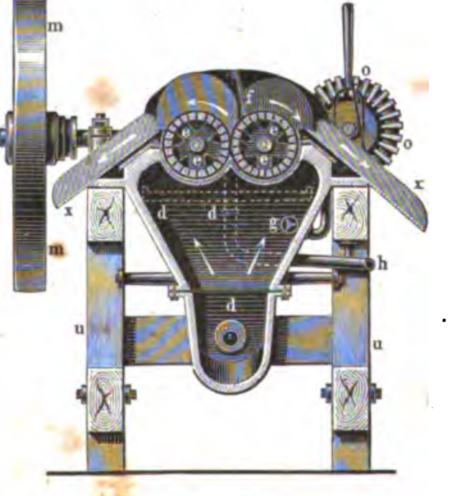


Fig. 60.



D'après cela, on voit que le fonctionnement de l'appareil est extrêmement simple: la pulpe est refoulée de bas en haut, avec une pression plus ou moins forte, contre la toile métallique qui garnit les cylindres; bientôt épuisée, elle sort au dessus des cylindres, latéralement, suivant la direction des flèches (figure 60) et vient tomber en *x*. Cependant, le jus, traversant les mailles, penètre dans les cylindres et gagne les tuyaux *h* qui le conduisent directement aux chaudières de défécation. On comprend que, si la râpe

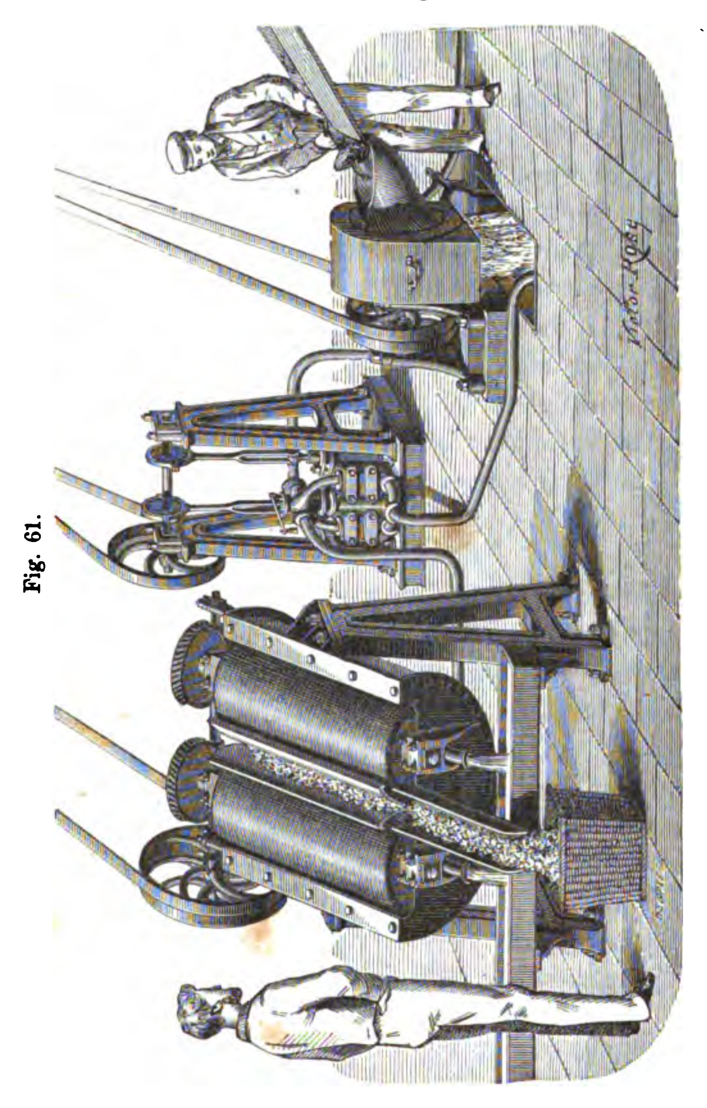
est disposée de telle sorte que la pulpe tombe d'elle même dans la trémie *a*, la presse n'exige aucune main d'œuvre: l'extraction du jus proprement dite, en dehors de l'amortissement des frais d'installation, en dehors de quelques réparations et de la force motrice, d'ailleurs très-faible, ne nécessite, pour ainsi dire, aucune dépense. Malheureusement, nous n'avons trouvé nulle part d'indication exacte et admissible sur la proportion de jus que cette presse permettait d'extraire; d'après les donnés les plus probables, elle rendait, au maximum, 50 % de jus, le reste devait être extrait par les presses hydrauliques. C'est ainsi qu'il y a 20 ans, l'appareil de Pecqueur fonctionnait comme presse prépàratoire dans une fabrique des environs de Paris où il alimentait deux presses hydrauliques affectées à la seconde pression. Quoiqu'il en soit, un semblable résultat méritait plus d'attention qu'il ne lui en fut donnée alors, car, du moment que l'on retirait en 10 à 12 secondes, sans dépense et sans addition d'eau, 50 % de jus, le reste du sucre pouvait être facilement extrait par un procédé quelconque, la macération de Schutzenbach par exemple: on pouvait réduire la batterie à trois ou quatre vases, ou pouvait abréger encore la durée de l'opération, et envoyer aux chaudières des jus moins dilués.

[Toutefois, ce n'est qu'en 1869 que M. M. Champonnois et Lachaume, reprenant l'idée de Pecqueur, s'attachèrent à corriger les défauts que l'expérience avait fait apercevoir dans la construction de l'ancien appareil. Le principe étant conservé, il s'agissait de trouver une surface filtrante qui ne s'encrassât pas, solide, de faible usure, à parois parfaitement lisses, et facile à réparer: nous verrons que ce programme a été parfaitement rempli. Dans ses traits généraux, la description de leur appareil se rapproche beaucoup de celle que nous avons faite de la presse Pecqueur: La pulpe, aspirée par une pompe, est refoulée, sous une pression d'une ou deux atmosphères, dans une caisse, à parois résistantes, dont la face supérieure est constituée par deux cylindres filtrants mis en contact, et formant joint hermétique avec les parois de la caisse. Ces cylindres, emboîtés de telle sorte que leur surface se trouve enveloppée aux deux

tiers, sont animés d'un mouvement rotatoire en sens inverse, à la façon d'un laminoir; ils sont mus par deux vis sans fin actionnant un pignon calé sur leur axe; les vis, placées sur le même arbre, sont disposées en sens contraire, de manière à ce que les cylindres roulent l'un sur l'autre: leur vitesse est de 7 tours à la minute. La caisse, qui est en fonte, porte à la partie inférieure deux tubulures qui sont en communication avec l'intérieur des cylindres, et servent à l'écoulement du jus; elle est montée sur un bâti solidement fixé, et inclinée, contrairement à la disposition adoptée par Pecqueur, suivant l'axe de rotation des cylindres d'environ 45°, ce qui facilite le rejet de la pulpe. Comme il est essentiel que la pulpe épuisée par le laminage ne puisse rester collée contre les cylindres, et réabsorber une partie du jus qu'elle avait perdu, deux couteaux, montés sur les parois de la caisse, disposés suivant les génératrices, et en contact avec les cylindres, détachent constamment la pulpe de la surface filtrante et la rejettent en avant de l'appareil. Les cylindres sont creux et à jour; l'armature est en bronze et venue d'une seule pièce de façon à présenter une grande résistance; elle se compose essentiellement de deux fonds reliés entre eux par de fortes traverses disposées suivant les génératrices. Ces traverses portent à leur partie extérieure, et sur toute leur longueur, des encoches dont l'écartement est très-faible. La surface filtrante est formée d'un fil de bronze triangulaire de 3 à $4^m/_m$ de base et enroulé en hélice sur l'armature, l'arète du sommet s'engageant dans les encoches des traverses, tandis que la base forme la surface externe du cylindre: l'écartement des spires, qui constitue la lumière n'est que de $^1/_{10}$ de $^m/_m$. La forme triangulaire du fil d'enroulement donne à la lumière une section également triangulaire: la fente, très-mince à la surface, s'évase rapidement en dessous, et cette disposition en prévient l'encrassement. Le fil est en quatre ou cinq segments; chaque segment a l'une de ses extrêmités libre, en sorte que l'allongement produit par le laminage peut s'exercer sans entrave, et contribue seulement à serrer davantage le fil contre l'armature; il est enroulé dans le sens du mouvement

du cylindre en commençant par le bas, l'extrêmité inférieure étant maintenue fixe; quand on arrive au bout du fil, on l'engage dans l'armature en formant un crochet que l'on chasse dans une lumière à courbe très-allongée par laquelle il entre dans l'intérieur du cylindre de tout l'allongement qu'il peut éprouver. On fixe le second segment, et on remplit l'intervalle par une fourrure en étain. La surface filtrante présente donc ce caractère d'originalité qu'elle est constituée par une lumière unique se développant en hélice d'une façon continue de la base inférieure du cylindre à la base supérieure, en sorte que, si on engage dans la lumierè, à sa naissance, une lame étroite, l'appareil étant en mouvement, cette lame parcourra la lumière sans interruption jusqu'à la fin: détail important comme nous le verrons plus loin. La pose du fil est très-simple; voici d'ailleurs les précautions qu'il convient de prendre pour l'exécuter: Après avoir été accroché dans une entaille préparée à cet effet, le fil est passé, dans un frein dont on règle la pression à volonté. La résistance qu'il éprouve dans ce frein et la tension qui en résulte, peuvent être mesurées exactement, mais, dans la pratique, on se contente d'apprécier la châleur du fil à sa sortie du frein. Du reste, la tension qui a été reconnue suffisante correspond à 10 ou 12 kilogr. par millimètre de section, et, sous cette tension, le fil éprouve un allongement par élasticité de 2 à 3 $^{m}/_{m}$ par mètre, ce qui dépasse l'éffort qu'il a à subir dans le travail. Dans ces conditions, on fait tourner le cylindre pour enrouler le fil qui se loge régulièrement dans les alvéoles, réglées d'avance selon l'écartement de la lumière que l'on a jugé utile: mais, indépendamment de l'appui qu'éprouve ce fil par la tension sous laquelle il se place dans les alvéoles, on a encore la précaution de le forcer, soit par un brunissoir qui le comprime, soit en frappant légèrement dessus avec un mattoir de la forme arrondie du cylindre. Avec ces précautions on détermine la solidarité complète du fil avec le cylindre, et il ne peut se produire de glissement, ce qui serait une cause d'usure de l'une ou l'autre partie.

Quant au fonctionnement de la presse, il est identique à celui de la presse Pecqueur: la pulpe, qui doit être fine, régulière, et filamenteuse, arrive sous pression dans l'espace clos


Fig. 61.

d'où elle ne peut sortir qu'en se faisant laminer entre les deux cylindres; la pression qui règne dans l'intérieur de la caisse force une partie du jus à passer par les lumières; la pulpe, devenue plus sèche, se feutre contre la surface du cylindre

qui l'entraîne dans son mouvement; pressée de plus en plus, elle arrive progressivement à la ligne de contact des deux cylindres où elle subit enfin le maximum de pression; elle est alors détachée par les couteaux et rejetée épuisée devant l'appareil, tandis que le jus suinte par les lumières dans l'intérieur des cylindres, gagne le fond en vertu de l'inclinaison générale du système et s'écoule par les tubulures inférieures.

Pour que l'appareil fonctionne régulièrement, on voit qu'il est essentiel que la pulpe soit déjà fortement essorée avant d'arriver au point de laminage, sans quoi elle glisse et ne s'engage pas entre les cylindres. De là découle naturellement l'utilité d'avoir dans la surface filtrante la plus grande somme d'ouvertures, et cela paraît être un des points qui ont amené M. Champonnois à donner, après bien des essais, la préférence au fil enroulé. En effet, si étroite que soit la fente continue, la surface ouverte, représentant la perméabilité des cylindres, est de plus de deux décimètres carrés pour une fente de $^1/_{10}$ de $^m/_m$ et pour des cylindres de 40 centimètres de diamètre sur 60 centimètres de hauteur.[1]

Venons maintenant aux accidents qui peuvent se produire, et aux moyens d'y remédier. Au bout d'un certain temps de marche, les lumières se trouvent bouchées par des débris de pulpe, et il devient nécessaire de les nettoyer; mais, grâce à la continuité de la lumière, le nettoyage se fait aisément, sans arrêter la marche des cylindres, en passant une lame mince entre les fils. On emploie le même outil lorsque le fil cédant à l'écrasement ou à l'action détériorante des grains de sable que contient toujours la pulpe, présente des bavures qui altèrent la netteté de la lumière au détriment de la surface filtrante. Quand le fil s'allongeant vient à se rompre, on peut facilement réparer le cylindre: il faut être seulement muni d'un outillage spécial consistant en un frein composé de deux pièces en bois garnies intérieurement de cuir, et se serrant à volonté, puis d'un petit mattoir ou repoussoir. Ce remplacement du fil

---

1) Journal des fabricants de sucre.

peut s'exécuter sur la presse même, et sans démonter le cylindre; mais il est mieux de se servir d'un banc disposé à cet effet pour recevoir le cylindre, et, comme il est toujours utile d'avoir des cylindres de rechange, la presse ne chôme pas. Dans tous les cas, la pose d'un fil ne prend pas plus d'une heure, et, d'ailleurs, si le fil est de bonne qualité, une garniture peut fonctionner pendant plusieurs campagnes sans exiger la moindre réparation. Depuis peu, M. Champonnois est arrivé à faire fabriquer, d'une manière sûre et régulière, des fils qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de l'homogénéité et de la résistance à l'allongement: la qualité de ces fils tient à leur mode même de fabrication; ils sont obtenus par laminage, contrairement à ce qui avait lieu pour les anciennes garnitures qui étaient passées à la filière.

Toutefois, il ne faut pas, comptant exclusivement sur la solidité ou les facilités de réparation, s'affranchir des soins préventifs des causes d'altération: ces soins sont d'ailleurs fort simples; il consistent dans un lavage aussi parfait que possible de la betterave, dans l'emploi d'un épierreur énergique, et dans des mesures de précaution contre l'introduction accidentelle de corps durs dans la pulpe. Enfin, la râpe doit être surveillée de façon à éviter la production de trop nombreuses semelles.

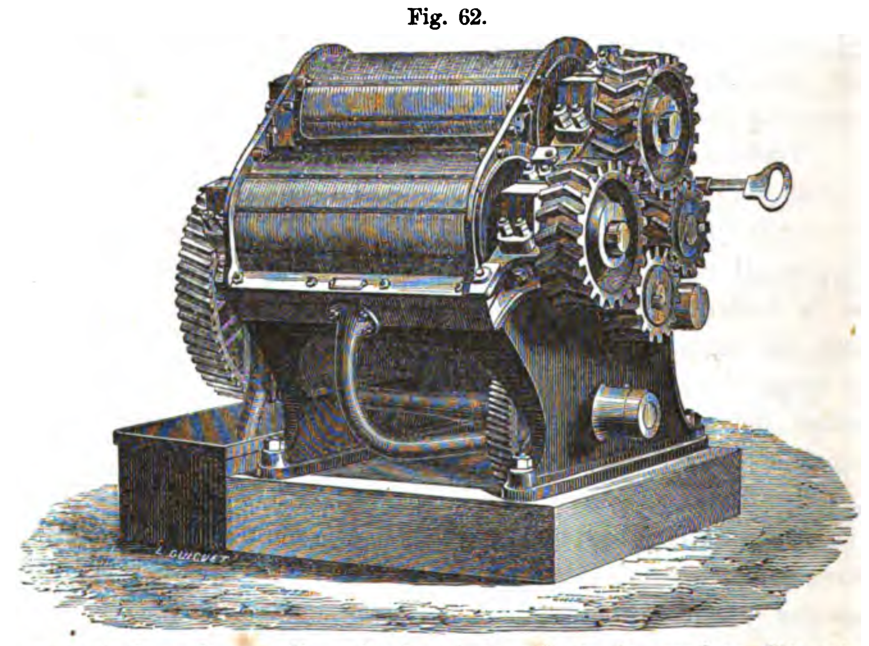
Le débit de cette presse est naturellement lié au bon entretien et à la propreté des cylindres: le chiffre de 600 hectolitres par jour, donné par M. Champonnois, descend fort au dessous quand l'appareil n'est pas très-soigné; ce doit être un maximum rarement atteint en pratique. Quant à la proportion de pulpe laissée comme résidu, elle n'est pas de beaucoup supérieure à celle que donne une bonne marche de presse hydraulique; le chiffre moyen obtenu dans diverses fabriques serait de 21 à 23 % du poids de la betterave. Toutefois, le degré de siccité de la pulpe est lié au débit de la pompe dont il faut maintenir avec soin la régularité.

Le défaut capital de cette presse, comme de toutes celles qui reposent sur le même principe, est l'entraînement d'une

forte proportion de pulpe folle dont les différents systèmes de tamiseurs ne purgent pas assez complètement le jus.

C'est encore sur le principe de Pecqueur, et en s'inspirant des perfectionnements déjà apportés par M. Champonnois que M. Lebée a fait construire une presse à rouleaux dans laquelle il a principalement cherché à rendre les réparations aussi rapides et aussi faciles que possible. Comme on peut le voir dans la figure 62, la disposition des cylindres a été légèrement modifiée, ils sont horizontaux et le plan des axes est incliné de 45° environ; mais le perfectionnement consiste

Fig. 62.

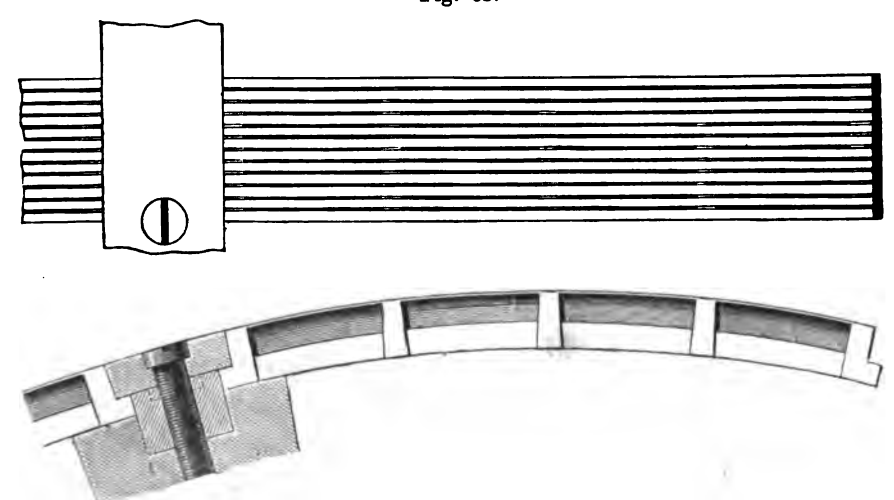


surtout dans la manière dont est constituée la surface filtrante. Les lignes suivantes empruntées au rapport fait à la société industrielle de Saint Quentin en 1872 donnent une idée très-juste de la constitution de cette nouvelle presse.

"Chaque cylindre présente l'aspect d'un cylindre creux dont la surface est percée d'une quantité considérable de fenêtres rectangulaires ayant $15^m/_m$ sur $50^m/_m$. De quatre en quatre, les nervures disposées suivant les génératrices du cylindre sont de dimensions plus fortes; elles portent, dans toute leur lon-

gueur une rainure rectangulaire sur laquelle on fixe au moyeu de vis, une baguette en fer qui dépasse la surface du cylindre de $4^{m}/_{m}$. Sur cette baguette, on en visse une autre en bronze d'une largeur plus grande que la première, $14\,^{m}/_{m}$ et qui vient par sa saillie sur la baguette en fer recouvrir les talons des petites lames de cuivre avec lesquelles elle forme une surface cylindrique parfaitement unie, (figure 63). Ces lames de cuivre

Fig. 63.



placées de champ les unes contre les autres constituent la surface filtrante. Chacune d'elles a 1 millimètre et demie d'épaisseur sur une longueur de $89^{mm}5$ et se compose d'une partie en arc de cercle portant cinq pieds: les extrémités échancrées constituent les talons.

L'intervalle entre les extrémités de chaque lame est fermé par la baguette de bronze comme par un verrou de 14^{mm}.

En résumé la surface filtrante peut être considérée comme composée d'une série de lames de $1^{mm}5$ d'épaisseur juxtaposées de façon à laisser un faible intervalle entre chacune d'elles. Cet intervalle est constitué comme suit: chaque lame vue de champ et en coupe présente un côté rectiligne et un autre curviligne, elle est donc plus épaisse dans le haut que dans le bas et affecte en quelque sorte la forme d'une cornière; chacun des

pieds occupe toute la hauteur de la lame et est plus épais de un dixième 1/2 de millimètre que la plus grande épaisseur de la lame, mais cette épaisseur peut varier suivant la nature de la betterave.

Les pieds qui représentent les nervures des lames n'existent en relief que du côté curviligne et viennent s'appuyer fortement sur le côté rectiligne de la lame voisine.

On a donc entre chaque lame un interstice qui va en s'agrandissant de la circonférence au centre.

Les jus qui pénétrent par ces interstices trouvent de suite un écoulement, et n'ont pas à lutter contre la force de capillarité ainsi que cela arriverait sans cette ingénieuse disposition.

Enfin les lames sont soudées par leurs extrémités en paquets de dix; en cas d'accident on retire les paquets endommagés et on les remplace immédiatement par d'autres, on a ainsi toujours le même nombre de lames sur le cylindre c'est-à-dire environ 4,600.

Le mouvement est donné aux deux cylindres par une série de pignons et de roues dentés dont les dents sont soit obliques, soit en forme de V.

Ces dispositions ont pour but d'éviter les mouvements latéraux des cylindres, et d'empêcher, en grande partie, la trépidation.

Les mouvements sont combinés de façon à donner aux cylindres une vitesse moyenne de 7 tours par minute."

Comme nous l'avons déjà dit, le progrès réalisé par la disposition adoptée par M. Lebée consiste en la facile réparation de la surface filtrante. Il suffit en effet d'avoir sous la main quelques paquets de rechange pour pouvoir remettre en état instantanément un cylindre dont la garniture aurait subi quelque avarie. Arrêtant pendant quelques minutes le jeu des cylindres, ce qui se fait aisément au moyen du débrayage que l'on peut voir dans la fig. 62, on enlève une des baguettes, par lesquelles sont maintenus les petits éléments filtrants, et comme ces baguettes sont en deux morceaux, il n'y a jamais que trois vis à ôter et à remettre. Malheureusement, ces vis

qui doivent être d'une manœuvre facile, ne peuvent être assez solidement fixées; les trépidations dont on ne saurait préserver absolument l'appareil suffisent quelquefois à les déplacer, et on conçoit qu'une tête venant à dépasser de quelques millimètres puisse causer de sérieux accidents. L'appareil réclame donc sur ce point une surveillance soutenue. De plus, les petits éléments résistent mal à l'écrasement; les fils qui les composent se séparent, la soudure venant à céder, et ils sont mis assez rapidement hors de service; leur remplacement constitue une dépense d'entretien qui n'est pas insignifiante. Malgré ces petits inconvénients, la presse Lebée est un appareil séduisant, ce qui justifie le bon accueil qui lui a été généralement fait, et son installation dans un certain nombre d'usines.

Les renseignements qui nous sont parvenus tendent à assigner à cette presse un débit de cinq à six cents hectolitres par 20 heures de travail; toutefois, nous pensons que l'encrassement des lumières, dont le nettoyage n'est pas assez facile, doit modifier promptement la rapidité de la filtration. Quant au degré de pression que l'appareil permet d'atteindre, le tableau suivant, résumant quelques expériences faites à l'usine de Grugies, montre que les résultats obtenus se rapprochaient sensiblement de ceux que donnaient les presses hydrauliques. Cependant nous ajouterons que, l'installation hydraulique de Grugies étant fort ancienne, ces chiffres ne sauraient être pris comme un terme rigoureux de comparaison.

Jus retiré par repression			
des pulpes lebée.		des pulpes hydrauliques.	
	Densité.		Densité.
Litres. 8,75	—	8,75	—
11,00	4,3	11,50	4,4
11,50	—	14,50	—
12,50	4,2	10,75	4,1
12,00	4,0	11,25	4,1
9,50	3,9	9,00	4,2
11,00	—	12,00	—
9,75	3,9	11,25	4,1
9,00	3,9	8,00	3,9
11,17	9,5	9,50	—
10,50	4,0	13,00	4,0

Frappé des inconvénients qui avaient fait échouer la presse Pecqueur, à laquelle il avait collaboré, M. Collette a consacré de longues années à une étude plus approfondie de la question, et s'est arrêté enfin, après de nombreux tâtonnements, à un type de presse continue qui dérive encore du principe de Pecqueur, mais qui diffère de l'ancien appareil par d'importantes modifications. Les deux cylindres filtrants, disposés horizontalement à 1 $^{m}/_{m}$ environ l'un de l'autre, sont constitués par une armature de bronze, à jour, qui est recouverte d'une toile en tôle de cuivre perforée: cette toile est fixée sur les cylindres, d'un côté seulement, suivant une génératrice, au moyen de vis à tête fraisée; l'autre extrêmité est par suite laissée libre, de façon à pouvoir s'étendre sous l'effort du laminage, sans qu'il y ait à craindre la moindre rupture; la dimension des toiles est calculée de manière à ce qu'il y ait assez de recouvrement pour cacher les têtes de vis. Les cylindres n'ont pas ici le même diamètre; le plus grand est surmonté de deux rouleaux pleins, en fonte, dont la pression sur la surface filtrante est obtenue par des ressorts sur lesquels agissent des leviers, et qui peuvent ainsi se soulever au passage de corps résistants trop volumineux. Tout le système est monté sur une caisse en fonte, et disposé de telle sorte que les cylindres filtrants sont emboîtés à la partie inférieure, et qu'à la partie supérieure ils forment encore joint avec les deux rouleaux pleins; ainsi, l'assemblage des quatre cylindres et de la caisse détermine deux espaces parfaitement clos dans lesquels la pulpe s'amasse sous pression, et d'où elle ne peut sortir successivement qu'en se faisant laminer d'abord entre les cylindres filtrants, puis enfin entre le plus grand de ces cylindres et les deux rouleaux presseurs. Par suite de cette disposition, le plus petit cylindre se trouve complètement noyé dans le pressin, ce qui assure l'utilisation de la totalité de sa surface filtrante. Dans ces conditions, il est essentiel que l'assemblage du système, dans lequel doit régner une pression d'environ trois atmosphères, soit parfaitement étanche: à cet effet, les joints longitudinaux des cylindres avec les parois de la caisse sont obtenus au moyen

de cuirs; les joints des extrémités sont constitués par des presse-étoupes. A l'intérieur de la caisse, les conduits qui distribuent le pressin sous les cylindres vont en diminuant de hauteur, de sorte que la pulpe y est de plus en plus comprimée, et qu'elle abandonne, déjà sous cet effort, une bonne partie du jus qu'elle renferme, avant d'arriver au point de laminage.

Le fonctionnement de l'appareil est maintenant facile à comprendre: La pulpe refoulée dans la caisse arrive, en se comprimant de plus en plus par suite de la forme des conduits, entre les cylindres où elle se fait laminer; elle est enfin épuisée par deux autres laminages successifs sous les rouleaux compresseurs. Tout d'ailleurs se passe comme dans les appareils précédents. On voit toutefois que l'épuisement de la pulpe doit être assez complet, puisque la pression satisfait ici, dans certaines limites, aux conditions de lenteur et de progression si bien remplies dans les presses hydrauliques. C'est à cela surtout que s'est attaché M. Collette; toutes ses modifications tendent, en effet, à augmenter la durée du laminage de la pulpe, et à en graduer l'intensité. La surface filtrante est également considérable, et bien utilisée, aussi le débit de l'appareil est il très-satisfaisant: chaque presse permet de travailler 35000 kilog. de betteraves par 24 heures.

La figure 63 donne une idée de la manière dont s'effectue la transmission de mouvement, et de la disposition par suite de laquelle le petit cylindre est complètement caché; elle ne laisse apercevoir au-dessous d'un rouleau presseur que la très-petite portion non enveloppée du grand cylindre, à l'endroit où s'effectue le rejet de la pulpe épuisée.

Les toiles métalliques, sauf accident, durent environ deux mois: quand il faut en renouveler une, pour le grand cylindre, il suffit de faire tourner ce dernier, à la main, en sens inverse du mouvement; la toile sort toute seule, on enlève les vis, on fixe une nouvelle toile, et on fait tourner le cylindre dans le sens ordinaire de rotation. Pour la toile du petit cylindre, il suffit de défaire quelques boulons qui fixent la partie supé-

rieure de la caisse sur les deux flasques de côté, et le cylindre est entièrement à découvert.

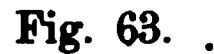


Fig. 63.

A côté de ces avantages dont-il faut tenir grand compte, nous retrouvons cependant ici le principal inconvénient de la presse de Pecqueur: l'encrassement rapide de la surface filtrante dont le nettoyage, par la nature des lumières et la construction même de l'appareil, nécessite des opérations longues et difficiles. De plus, la pression à laquelle on est obligé de refouler la pulpe oblige à une surveillance des joints très-assujettissante, si l'on veut éviter les crachements.

M. Collette ne s'en tint pas là: il reconnut bientôt l'impossibilité d'atteindre, avec la pression rapide des presses continues, un épuisement de la pulpe aussi complet qu'avec les presses hydrauliques, et chercha les moyens d'y remédier: après

avoir essayé une injection d'eau entre les rouleaux de la presse continue, opération dont les résultats ne furent pas satisfaisants, il se décida à faire passer le pressin deux fois de suite dans la presse et fit bréveter le premier un système de double pression. Dans l'origine, la pulpe de la presse continue devait tomber dans un malaxeur où elle était mélangée à une quantité d'eau égale à 20 % du poids de la betterave, et où elle était reprise par une pompe et dirigée de nouveau dans les presses. Le jus faible produit par cette seconde pression était renvoyé à la râpe. Malheureusement, le jus ainsi obtenu était d'une densité trop faible, la quantité d'eau à évaporer était trop considérable, pour que le travail pût être avantageux, et en outre, la pulpe, en rendement final, était moins sèche que celle des presses hydrauliques, et moins appréciée des cultivateurs. Ces raisons déterminèrent M. Collette à supprimer le malaxeur, et lui firent adopter la double pression sans addition d'eau entre les deux pressions. Restait à trouver un appareil susceptible de fonctionner dans de telles conditions: malgré ses difficultés, le problème fut résolu de la façon la plus complète et la plus heureuse par Messieurs Baudet et Boire, constructeurs à Lille. Ces messieurs créèrent une presse continue spéciale pour la seconde pression, disposée de telle sorte que la pulpe déjà pressée une première fois est entraînée mécaniquement entre des rouleaux compresseurs et un cylindre filtrant, sans qu'il soit besoin de la délayer à nouveau.

Ces presses de seconde pression, fonctionnant sans pompe, peuvent être placées directement au-dessous des autres, ce qui est très-commode pour l'installation: elles se composent d'un cylindre filtrant analogue au cylindres de la presse Collette, au-dessus duquel sont disposés trois rouleaux compresseurs en fonte. La pression, très-considérable, de ces rouleaux sur le cylindre filtrant est obtenue non plus par des ressorts à boudins agissant sur les rouleaux par l'intermédiaire de leviers, mais par des ressorts en arc de cercle agissant directement sur les rouleaux. L'originalité de ce nouvel appareil consiste surtout dans l'addition du rouleau entraîneur de pulpe: ce rouleau, en

fonte, reçoit deux plaques doubles, en bronze, qui sont actionnées par une came placée sur l'axe du rouleau et disposée de façon que la plaque est d'un côté hors du rouleau quand elle se présente devant la trémie dans laquelle arrive la pulpe, et complètement rentrée de l'autre côté, c'est-à-dire du côté du cylindre filtrant. Ainsi, le côté de la plaque qui se trouve hors du rouleau frotte contre la paroi de la trémie, et par ce mouvement, entraîne la pulpe dans le conduit qui la même au cylindre filtrant. Sur le côté de la trémie, se trouve une plaque à laquelle un excentrique communique un mouvement de va et vient qui a pour objet d'empêcher la pulpe de se prendre en masse et de former voûte au-dessus du cylindre entraîneur.

Il est incontestable qu'en se plaçant à ce nouveau point de vue, MM. Collette, Baudet et Boire ont fait faire un important progrès à la question des presses continues, et, en présence du prix toujours croissant du combustible, qui rend le travail des jus dilués si onéreux, les fabricants accueilleront avec faveur le système de la double pression, sans addition d'eau. Malheureusement, la consécration d'essais pratiques et réellement manufacturiers manque encore au nouvel appareil sur lequel repose tout le succès de la méthode; cet appareil date à peine de quelques mois, et nous ne saurions préjuger des résultats qu'il permettra d'obtenir.

Les différents systèmes de presses que nous venons de passer en revue présentent tous, au même degré, un défaut que nous avons signalé à propos de la presse Champonnois et qui est inhérent à la nature métallique de la surface filtrante; les jus qui en proviennent sont chargés d'une proportion considérable de pulpe, entraînée mécaniquement. Or chacun sait que la présence de la pulpe dans les jus est la cause de sérieuses difficultés dans le travail ultérieur. La raison scientifique de ce fait depuis longtemps constaté nous est aujourd'hui connue; nous savons en effet que la pectose insoluble, qui constitue la plus grande partie de la pulpe, est, par l'action de la chaux et des alcalis, transformée en pectates solubles dont il est, par la

suite, impossible de purifier les jus, auxquels ils communiquent une viscosité très-nuisible à la cristallisation du sucre: les cuites plates, dans lesquelles le grain ne se forme pas, se manifestent toujours dans le travail des jus essentiellement chargés de pectates. Ces faits, dont l'importance pratique s'est considérablement accrue, comme nous venons de le dire, depuis l'introduction des presses continues métalliques dans nos usines, ont déterminé de nombreux inventeurs à rechercher les moyens de purifier les jus avant que la chaux n'ait en le temps de réagir sur la pulpe entraînée. Bien que le problème n'ait pas encore été complètement résolu, que les appareils proposés n'aient pas atteint le degré de perfection auquel on est en droit de prétendre, nous rendrons compte, cependant des différents essais tentés jusqu'ici dans cette voie.

Le tamiseur le plus employé consiste en une sorte de corbeille en tôle perforée, emboîtée dans un cylindre en fonte, que l'on interpose sur le trajet du jus. Le couvercle du cylindre est à charnière; une vis de pression, facile à manœuvrer, permet de l'appliquer fortement contre un joint en caoutchouc, et d'obtenir ainsi une fermeture tout à fait étanche. Le jus traverse le tamiseur soit par suite d'une différence de niveau convenable, soit plutôt par suite de l'aspiration d'une pompe ou de la pression d'un monte-jus, et s'y débarrasse des impuretés dont il était chargé. Ces impuretés s'amassent dans la corbeille qu'il faut changer et nettoyer toutes les heures. Cet appareil peut être placé à la sortie des presses ou à la suite des bacs de défécation selon le mode de travail adopté; son emploi, d'ailleurs très-simple, n'est pas sans utilité, bien qu'il retienne plutôt les fibres que la pulpe proprement dite. Mr. Simon a proposé de rendre la filtration de cet appareil plus efficace par l'addition d'éponges que l'on maintient légèrement comprimées dans la corbeille: Quand on ne soumet le jus à cette épuration qu'après la défécation, il faut remplacer les éponges par une autre substance, de la paille hâchée par exemple, car elles résistent mal à l'action caustique de la chaux.

En Allemagne,[1] quelques fabricants emploient l'appareil de Lebinski: cet appareil se compose essentiellement de tamis en soie, à maille très-fine, fonctionnant comme les cribles d'une machine à bluter. Le jus tombe sur le tamis qui est agité d'un mouvement de va et vient très-rapide; les mailles retiennent la pulpe qui s'amasse sur le crible et se trouve enfin rejetée.

M. Champonnois a imaginé, pour tamiser les jus de sa presse continue, un appareil qui est une application élégante de la force centrifuge: c'est un tamis cylindrique qui est animé d'un mouvement de rotation très-rapide. Le jus impur arrive à l'intérieur du tamis et la force centrifuge le rejette dans un bac au travers des mailles, tandis que la pulpe est retenue. Un dispositif en hélice, analogue à celui qui fait avancer les racines dans le laveur, rejette peu à peu, par l'une des extrémités du tamiseur, la pulpe éliminée. Cette élimination se fait mieux sur les jus chaulés: la pulpe, repressée à part, donne alors un jus légèrement calcaire que l'on peut faire revenir, au lieu d'eau, à la râpe.

La disposition inverse, qui a été adoptée par M. Lintz, nous semble encore plus rationnelle[2]: la toile filtrante forme l'enveloppe d'un cylindre de 75 centimètres de diamètre sur 1 mètre de longueur, qui tourne dans une caisse en fonte; le jus arrive dans la caisse et penêtre de l'extérieur dans l'intérieur du tambour où il est constamment repris par deux augets en spirale; l'axe du tambour est creux, et sert à l'écoulement. Si l'admission du jus est faible, la caisse ne se remplit guère qu'au niveau inférieur du tamiseur; si l'admission augmente, le niveau s'élève dans la caisse, et comme les augets enlèvent le jus filtré assez rapidement pour maintenir le tambour presque toujours vide, la différence de niveau détermine une pression de quelques centimètres, en vertu de laquelle le débit du filtre s'accroit proportionnellement. Les pulpes se rassemblent au fond de la caisse d'où on les retire, de temps à autre, par un

---

1) Journal des fabricants de sucre.
2) Annuaire des fabricants allemands 1871.

robinet de vidange; elles sont ramenées à la râpe. On conçoit que, par cette disposition, la surface filtrante est sans cesse nettoyée automatiquement, et que d'ailleurs, comme la toile est extérieure, si elle venait à s'encrasser, il serait facile de la brosser sans arrêter la marche du tambour. C'est la facilité du nettoyage qui constitue à nos yeux le principal mérite de ce nouveau tamiseur qui ne donne pas, au point de vue de l'épuration des jus, de meilleurs résultats que les appareils antérieurement décrits. Avec des orifices d'admission et d'écoulement de 10 centimètres, cet appareil, marchant à une vitesse de 20 tours à la minute, débite largement de 50 à 60 hectolitres de jus à l'heure. En augmentant les sections des orifices, en modifiant les dimensions de la surface filtrante ou la vitesse de rotation, on peut, naturellement, disposer l'appareil pour un débit quelconque; toutefois, il importe de conserver une certaine relation entre le diamètre du tambour et la vitesse de rotation: ainsi, avec le diamètre de 75 centimètres, on ne doit pas dépasser une vitesse de 25 tours à la minute, sans quoi, la toile entraînerait une partie du jus qui pourrait être projeté par un effet de force centrifuge. La toile que l'on emploie doit avoir de 40 à 45 fils par pouce. Il convient, de temps en temps, de nettoyer l'appareil à fond, et de le chauler comme tous les appareils où le jus doit séjourner: le tambour et la caisse sont munis de tampons qui facilitent le nettoyage.

Les effets du dépulpage sont incontestables; les analyses suivantes, faites comparativement sur des jus pulpeux et non pulpeux, permettent de les préciser, et d'en mesurer toute l'importance.

Jus de défécation

	pulpeux.	dépulpé.
Poids spécifique	1,0369	1,0345
Degré Brix	9,14	8,56
Sucre	7,64	7,36
Sels	0,38	0,37
Chaux	0,12	0,14
Matières organiques	1,00	8,69
Coëfficient de pureté	83,58	85,98

L'évaluation des matières organiques, sur 100 parties de substance sèche du jus de défécation, rend l'épuration plus sensible encore; sur 100 parties de substance sèche, on trouve en matières organiques:

	Jus pulpeux.	Jus dépulpé.
essai I	8,90	6,22
- II	10,69	8,29
- III	10,94	8,16.

Ces analyses sont de nature à fixer l'attention des fabricants; elles mettent en évidence l'action éminemment épuratrice des appareils à dépulper. Bien qu'imparfaits encore, ces appareils peuvent rendre néanmoins de réels services, et leur introduction dans les sucreries constitue un important progrès qu'il est désirable de voir se vulgariser avec rapidité.

Les presses établies sur le principe de Pecqueur ont encore toutes un point commun: elles sont toutes alimentées par des pompes. Or, la régularité de cette alimentation doit être signalée, au premier rang, parmi les conditions essentielles à leur bon fonctionnement, et si l'on songe qu'il y a grand interêt à ce que la pulpe arrive sous les cylindres aussi peu diluée que possible, on conçoit que cette condition ne puisse être obtenue sans difficulté. Il est donc important d'employer, pour refouler la pulpe jusqu'aux presses, un système de pompe susceptible d'élever de la pulpe très-peu étendue d'eau. Cette question a été généralement peu étudiée, et les appareils employés jusqu'ici ne remplissent qu'imparfaitement le but: les pompes à soupapes ou à boulets cessent de fonctionner régulièrement en présence d'une bouillie de pulpe trop épaisse; en outre, les morceaux de betterave non râpés en arrêtent la marche, ou passent au refoulement, et leur introduction dans les appareils de pression n'est pas toujours sans inconvénient. M. Savalle, à qui l'industrie de la distillation des alcools est redevable de si nombreux perfectionnements, a imaginé une pompe spécialement affectée à l'alimentation des presses continues. Le principe de l'appareil semble très-rationnel; on voit, du moins, que M. Savalle s'est préoccupé des deux points importants,

la régularité du fonctionnement en présence de pulpe non étendue d'eau, et la constance, sous les cylindres filtrants, de la pression reconnue nécessaire. Cette pompe est à tiroir, et rappelle dans ses organes essentiels la disposition généralement adoptée pour les machines à refouler le gaz dans les chaudières de carbonatation; on peut s'en rendre compte sur la figure 64.

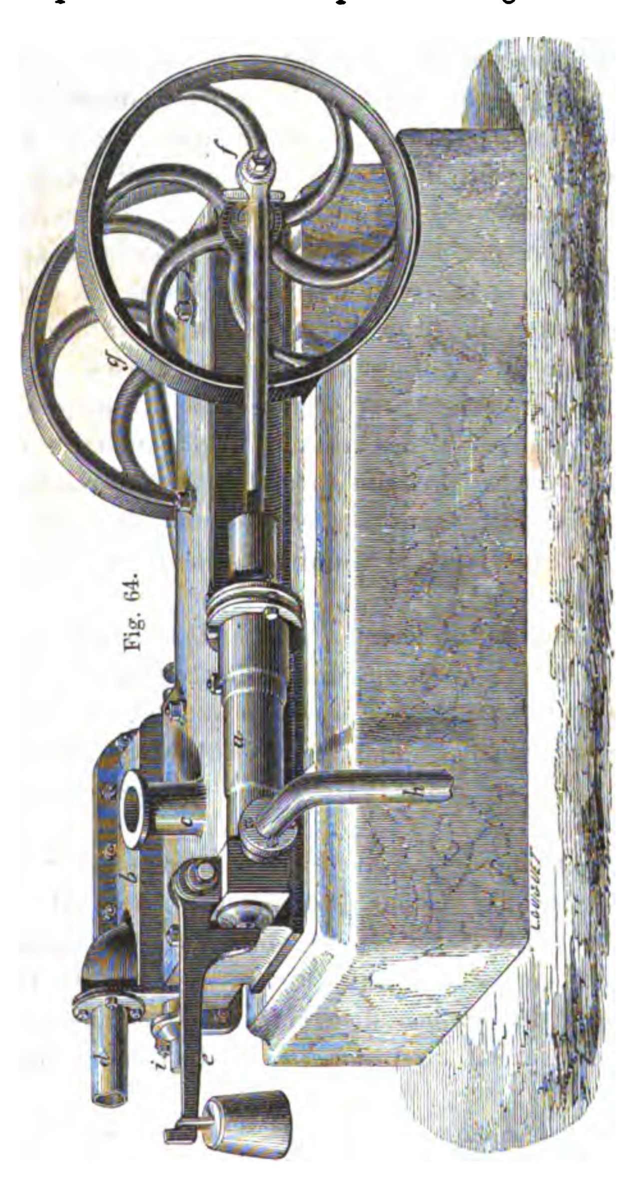


Fig. 64.

La pulpe arrive en *c*, est chassée dans le tiroir *b*, par le piston plein *a*, et passe en *d* au refoulement. Une soupape *e*, que l'on règle à volonté, se soulève quand la pression devient trop forte dans les presses obstruées, et la pulpe en excès est ramenée à l'aspiration par la conduite *h*. Ainsi, la pompe n'envoie jamais aux presses que la quantité de pulpe qui peut y être complètement pressée, et le refoulement se règle automatiquement en raison du débit même de la presse, débit qui ne dépend plus que de l'état de la surface filtrante. C'est là, comme nous l'avons dit, un point essentiel, car si la pompe débite trop, la presse est forcée et rejette de la pulpe non épuisée. Le mouvement est communiqué à la pompe par la bielle *f*, au tiroir par la bielle *g*. Pour que la pompe puisse refouler à une forte pression, en cas de besoin, il a été nécessaire de substituer au tiroir ordinaire un tiroir compensé: on voit en *i* la tige de compensation. Ainsi construite, la machine fonctionne sans frottement, et peut refouler la pulpe épaisse à une pression qui, dans des essais, a pu atteindre 60 atmosphères. Ce système présente encore un autre avantage, c'est que le tiroir cisaille, dans son mouvement, les morceaux de betterave non râpés qui se trouvent ainsi divisés avant d'être envoyés aux presses.[1]

Cette pompe est à simple effet: M. Savalle en a fait établir une à double effet qui donne d'excellents résultats; elle se construit soit à tiroirs, soit à pistons compensés. Les figures suivantes représentent un appareil de ce dernier genre en élévation (fig. 65), en plan (fig. 66) et en coupe transversale suivant *a b* (fig. 67).

La pulpe tombe de la râpe dans un entonnoir *a*, et occupe l'espace vide entre les pistons distributeurs *b* et *c*; elle se trouve ainsi, par le déplacement de ces derniers, en communication immédiate, et sans aspiration, avec le cylindre de la pompe. Le mouvement des pistons distributeurs est à angle droit, et inverse du mouvement du piston (*d*) de la pompe; ils ouvrent

1) Journal des fabricants de sucre 1873.

ainsi alternativement la communication de la pulpe avec l'espace laissé vide par le piston qui refoule. Le fonctionnement est continu, à double effet, et la pulpe, refoulée vers la presse, s'élève par *c*. Une soupape de sûreté, comme dans l'appareil précédent, ramène la pulpe à l'aspiration quand le débit de la pompe excède celui des presses. Ce système est très-simple;

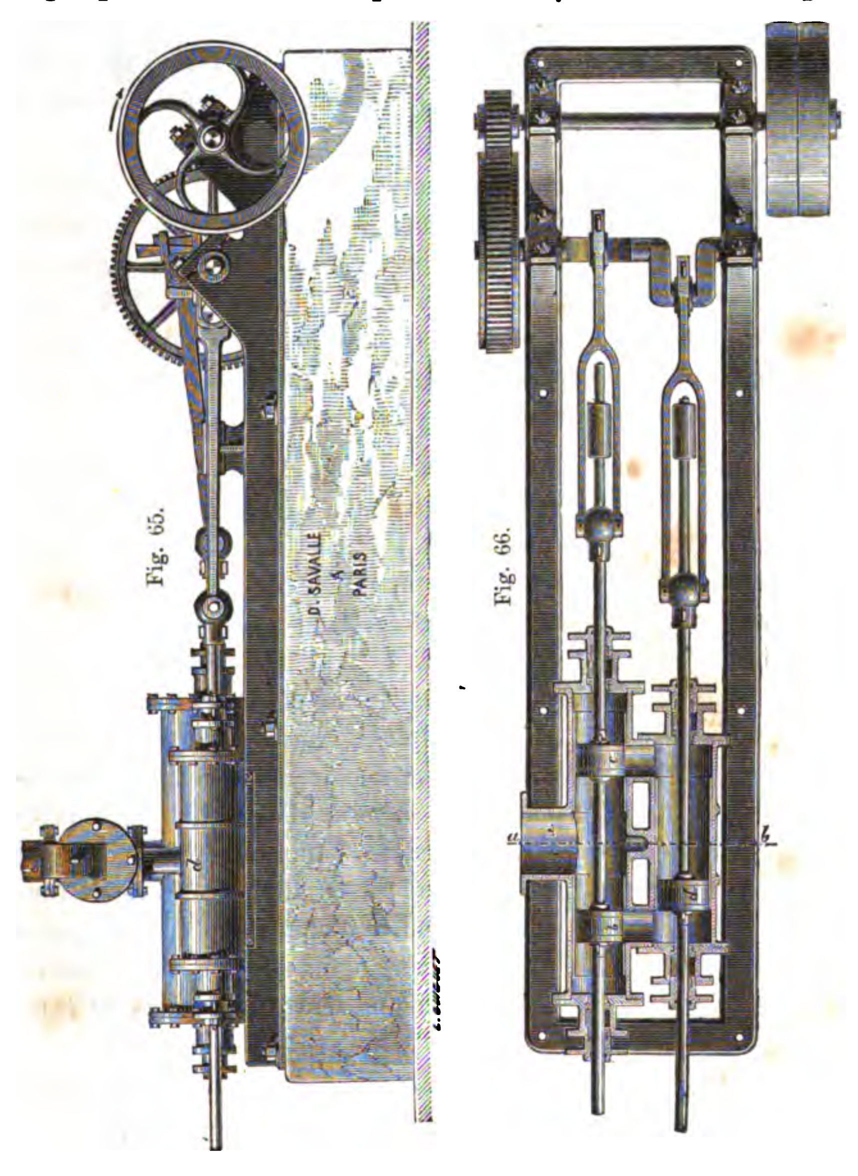
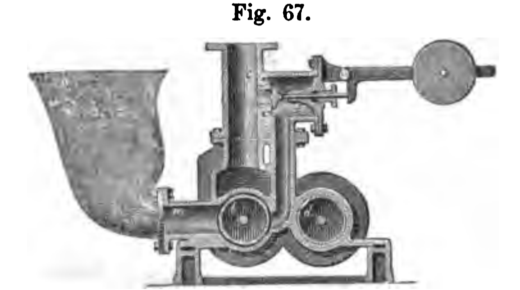


Fig. 65.

Fig. 66.

Fig. 67.



toutes les surfaces mobiles soumises à la pression y sont compensées pour éviter le frottement et les pertes de force; les tiges d'actionnement sont équilibrées, et la résistance n'est en réalité qu'en raison tu travail produit et de la pression à la quelle se fait le refoulement.]

Après avoir, dans les pages qui précèdent, exposé le principe et le fonctionnement des presses continues à surface filtrante métallique, nous décrirons maintenant les types de machines qui travaillent avec des toiles sans fin. Dès 1812, on aurait construit des presses de ce type, et M. Basset, (guide pratique 1861), donne la desription d'une de ces presses primitives à une paire de rouleaux seulement.

A une époque plus récente, M. M. Poizot et Druelle ont offert à l'industrie une presse continue du même genre; mais elle était construite d'une façon si défectuense qu'elle ne pouvait conduire à un travail pratique. Les rouleaux qui servaient à la pression préparatoire étaient en trop petit nombre, et invariablement fixés; il en résultait que l'introduction d'un corps résistant quelconque entre ces pièces qui ne pouvaient céder, devait forcément déterminer quelque rupture dans l'appareil; la toile, qui formait sac, était sujette a se déchirer fréquemment, et de plus, quand la pulpe était trop étendue d'eau, la pâte liquide sortait par les côtés. En un mot, l'appareil présentait tant d'inconvénients que j'ai dû, pour ne pas perdre l'argent consacré à son achat, le reconstruire d'une façon à peu près-complète. Les études que j'ai faites dans ce sens m'ont amené à une construction pratique dont la figure permettra de comprendre la description.

a. trémie dans la quelle la pulpe tombe directement de la râpe ou dont l'alimentation se fait au moyen d'une noria.

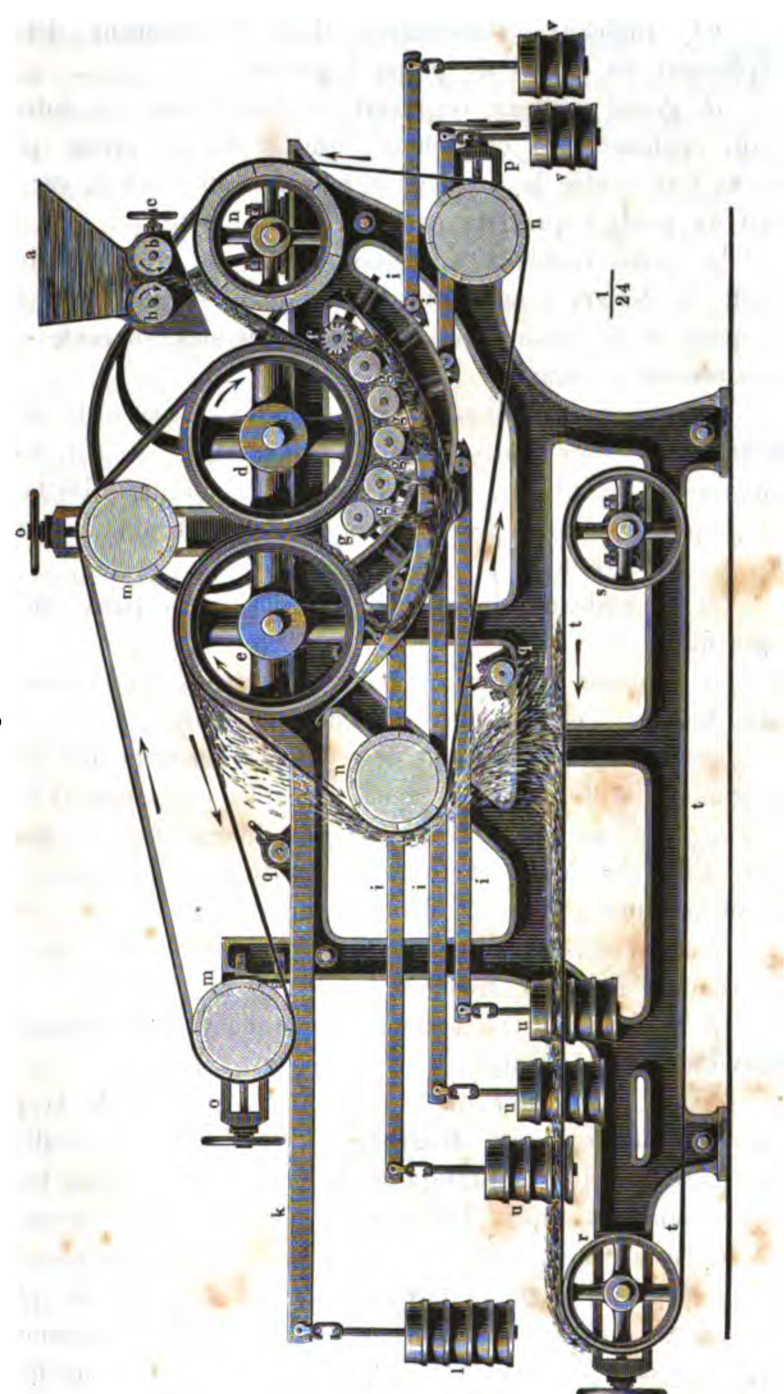


Fig. 68.

b b. rouleaux alimentaires dont l'écartement détermine l'épaisseur du gâteau de pulpe à presser.

d. grand rouleau recouvert de caoutchouc. *e*. autre rouleau, également en caoutchouc, qui se trouve pressé plus ou moins fort contre le premier au moyen d'un levier *k*, sur lequel agit un poids *l* que l'on peut régler à volonté.

g. petits rouleaux appliqués contre le gros cylindre *d* à l'aide de leviers *i* agissant d'une manière constante et chargés de poids *u* de façon à produire des pressions différentes et successivement croissantes.

f. un, ou plusieurs cylindres creux, recouverts de toile métallique, pour laisser couler rapidement, et sur toute la largeur de la presse, la majeure partie du jus. De la sorte, la pulpe se solidifie promptement, et ne tend plus à sortir par les côtés de la toile.

m m. rouleaux de guidage sur les quels passe une toile sans fin.

n. rouleaux de guidage pour un fentre de laine, très-épais, sans fin, que l'on remplace de temps en temps.

o o. vis qui permettent de régler l'écartement des rouleaux de guidage et de maintenir, ainsi, les toiles constamment tendues.

q q. cylindres de cuivre, armés de palettes: ils sont animés d'un mouvement de rotation, et frappent automatiquement la pulpe épuisée pour la détacher des toiles.

t. toile sans fin circulant sur les poulies *r* et *s*. et servant à emmener la pulpe détachée en dehors de l'atelier.

h. nochère qui recueille le jus et l'envoie directement aux chaudières de défécation.

Voici maintenant quel est le fonctionnement de la presse: On règle les rouleaux distributeurs *b b* de façon à réaliser les meilleures conditions pratiques; la pulpe tombe entre les deux toiles sans fin, qui, latéralement, forment joint hermétique; elle se trouve ainsi soumise, entre *d* et *f* à une pression légère, entre *d* et les petits rouleaux *g* à une pression de plus en plus forte, enfin, entre *d* et *e* au maximum de pression. Le jus exprimé s'écoule en *h*. Les rouleaux *d* et *e* ne font que

3 tours à la minute, et cette marche est assez lente pour que l'on n'ait à craindre ni rupture, ni arrêt aucun dans le travail. Il n'y a plus besoin d'ouvriers; un seul surveillant suffit pour un atelier de presses, il lui faut de temps en temps régler les vis *o* de façon à ce que les toiles restent toujours bien tendues. Les toiles durent, suivant qualité, de 4 à 6 jours; à mesure qu'elles s'usent, elles sont remplacées par des tissus neufs.

Chaque presse peut travailler de 22,500 à 30,000 kilogrammes de betteraves, par 24 heures. La quantité de jus obtenue représente, sans addition d'eau à la râpe, et pour une seule pression, 70 à 76 % du poids de racines râpées.

Cet appareil est si solide que, ni l'imprudence, ni la mauvaise volonté, ne peut occasionner d'accident ou d'arrêt: nous avons jeté entre les rouleaux des boulons en fer; ils sont sortis avec la pulpe sans avoir causé la moindre avarie. En présence de tels avantages, nous ne pouvons qu'engager les fabricants à soumettre cette presse à de sérieux essais.

Voici maintenant la marche de l'opération: le résidu de première pression est additionné d'une petite quantité d'eau, 30 % environ du poids de la betterave; on fait repasser la pulpe ainsi délayée dans une seconde presse à rouleaux, et l'on obtient encore 17 % de jus à la densité primitive. Le cylindre faisant 3 tours à la minute, la pression est assez rapide pour qu'il n'y ait à craindre aucune altération. Les avantages de ce système sont évidents: on peut, au moyen de 2 presses, travaillant ainsi successivement, extraire la totalité du jus en 4 ou 5 minutes, et le jus est de bonne qualité parce qu'il n'y a toujours que de faibles quantités de pulpe à chaque instant en travail. Chaque machine travaille indépendamment des autres; on peut donc, en ajoutant simplement une presse, augmenter à volonté le travail d'une fabrique. Le nombre des ouvriers est réduit au minimum. L'extraction est complète, car les dernières portions de jus peuvents 'obtenir sans difficulté par une seconde pression après un malaxage, ou par mon système de macération, d'une manière prompte et sûre: il semble donc que les presses à rouleaux soient appelées

à un grand avenir. La rapidité de l'extraction constitue, pour les fabricants, un immense avantage: avec les presses continues, on peut avoir extrait, déféqué, saturé, filtré, évaporé le jus avant que les fabriques, qui marchent avec la diffusion, aient pu seulement épuiser les cossettes.

Nous terminerons ces considérations par le calcul du prix de revient de 100 kilog. de jus, en partant des mêmes données qui nous ont déjà servi pour les calculs similaires, afin de faciliter la comparaison entre les différentes méthodes d'extraction.

Avec la double pression et le malaxeur de Schlikeysen, les frais d'installation peuvent s'établir ainsi:

1 râpe complète	3,750f
3 presses à rouleaux	18,000
1 malaxeur	1,125
machine motrice	6,000
Total . . .	28,875f

Pour travailler 6,000,000 kilog. de betteraves en 120 jours il faut compter:

6,000,000 k. de betteraves à 25f ‰ .	150,000f
Transport et nettoyage des racines . .	4,200
Intérêt et amortissement à 10 % . . .	2,887.50
Toiles (3 presses à 24 toiles doubles, soit 72 toiles à 45f)	3,240
Main d'œuvre, (y compris l'enlèvement de la pulpe) 8h par poste soit, pour 120 jours, 1,920 journées à 1f,25 .	7,845
Combustible 147,000k de houille à 37,50 ‰ pour la machine; en plus, pour évaporer les 20 % d'eau ajoutée, soit 12,000 hectolitres, à raison de 1k de charbon pour 5k d'eau, 240,000 k. de houille	9,000
Total . .	177,172f.50,

On obtient ainsi 87 % de jus, soit pour 6 millions de kilog. de betteraves, 5,522,000 kilog. de jus à la densité initiale; 100ᵏ de jus coûtent donc 3ᶠ,40.

Si l'on n'emploie les presses à rouleaux que pour la première pression, et si l'on achève l'extraction par ma méthode de macération, les frais sont les suivants:

1 râpe complète	3,750ᶠ
2 presses à rouleaux	12,000
1 déchiqueteur	1,875
3 vases de macération à 750ᶠ pièce	2,250
Total	18,875ᶠ

Le prix du travail peut se calculer comme suit:

6 millions de kilog. de betteraves à 25ᶠ ‰	150,000
Transport et nettoyage	4,200
Toiles, pour 2 presses	2,160
Intérêt et amortissement	2,362.50
Main d'œuvre	2,400
Combustible pour la machine 147,000 de houille à 37,50 ‰ᵏ	4,445
Évaporation de 10 % d'eau	4,500
Total . . .	170,067.50

Pour un rendement en jus de 88 %, (avec la méthode mixte on peut atteindre jusqu'à 90 %). Même si l'on n'admettait que 84 %, on aurait encore 5,040,000ᵏ de jus pour 170,067.50, ce qui ferait ressortir les 100ᵏ de jus à 3ᶠ,37, prix de revient inferieur de 0ᶠ,03 aux chiffres trouvés plus haut. —

[Tandis que la presse Poizot, encore si imparfaite, attirait, en Allemagne, l'attention des fabricants qui, séduits par le principe, cherchaient par les moyens que nous avons indiqués, à remédier aux inconvénients d'une construction vicieuse, l'inventeur remettait lui même son appareil à l'étude, et, avec le concours d'habiles constructeurs, arrivait à en faire un outil très-complet et très-pratique représenté ci-après.

La nouvelle presse diffère de l'ancienne par un point essentiel: la toile supérieure, reconnue inutile, a été supprimée, ce qui a réduit, par le fait, de moitié les dépenses en tissus,

dépenses qui ne manquaient pas d'importance aux yeux des fabricants. Cette toile unique suffit à l'entraînement de la pulpe sous les rouleaux compresseurs; elle est d'ailleurs disposée de telle sorte que le jus est toujours forcé de la traverser avant de s'écouler; il faut seulement avoir soin de régler l'alimentation de manière à ce que le pressin ne se trouve jamais en excès sur la toile, pour qu'il ne se produise pas de crachements par les bords. La disposition des cylindres garnis de caoutchouc est restée à peu près la même: toutefois, les petits rouleaux, au nombre de 6, ont été rendus solidaires les uns des autres;

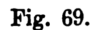
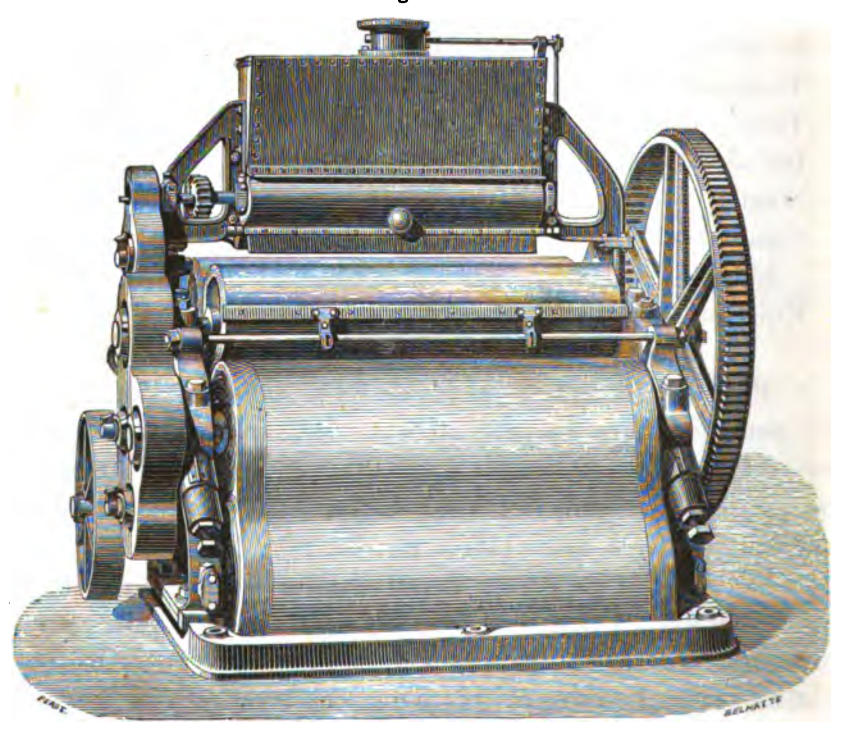


Fig. 69.



la pièce sur laquelle ils sont fixés les maintient à des distances de plus en plus faibles du grand cylindre de manière à obtenir une progression dans l'intensité de la pression; de plus, cette pièce est mobile autour de l'axe fixe du premier rouleau et permet aux cinq autres de s'écarter du grand cylindre pour

le passage de corps résistants trop volumineux: le second cylindre peut également s'écarter ainsi du premier. Cette pression, élastique et très-considérable tout à la fois, est obtenue au moyen de ressorts agissant sur l'axe des cylindres et formés par des couples de rondelles d'acier embouti, montées sur une broche et assemblées de manière à constituer des éléments de forme lenticulaire. Ces ressorts sont très-puissants et joignent à une extrême solidité une grande facilité de réparation.

A part ces modifications dont nous n'avons pas besoin de faire ressortir l'importance, le fonctionnement de l'appareil est resté le même.

M. Poizot opère lui aussi par double pression: la pulpe de première pression, détachée des toiles par les agitateurs, tombe dans la trémie des appareils de seconde pression disposés au-dessous à cet effet; c'est dans la trémie même que la pulpe est déchiquetée et délayée avec une quantité d'eau égale à celle que l'on ajoute ordinairement à la râpe, soit 20 % du poids de la betterave; on obtient cet effet par le jeu d'un arbre armé de dents et animé d'un mouvement de rotation. Un appareil, en seconde pression, suffit au débit de deux appareils de première pression. Les petites eaux sont envoyées à la râpe en travail courant. Dans ces conditions, l'extraction du sucre est très-complète. Toutefois, on reproche à la presse Poizot de ne pas donner une pulpe assez sèche, ce qui peut être la cause de difficultés entre le fabricant et les cultivateurs. Cependant, des essais en grand n'ont pas donné, en rendement final, plus de 22 de pulpe pour cent de racines, ce qui rentre dans les conditions normales.]

Tous les appareils que nous venons de décrire, sans partialité, laissent encore beaucoup à désirer; tels qu'ils sont, les fabricants peuvent néanmoins en tirer un excellent parti en procédant par double pression. Pour nous, sans vouloir nous prononcer d'une manière absolue, nous insisterons toutefois sur ce fait que les presses marchant avec des toiles sans fin sont

les seules qui aient donné, jusqu'à ce jour, des jus comparables, pour la qualité et la propreté, à ceux fournis par une bonne marche de presses hydrauliques.

Chapitre VI.

De la Macération.

Les trois procédés que nous avons donnés jusqu'ici pour extraire le jus de la betterave reposent sur l'emploi de la pression, et les résultats qu'ils permettent d'obtenir dépendent, avant tout, de la perfection des moyens mécaniques auxquels on a recours. Dans la méthode de la macération, on laisse entièrement de côté l'action des machines, l'eau n'intervient plus comme auxiliaire, mais comme l'agent principal. Son action est double: mise en contact intime avec la pulpe, pendant un temps beaucoup plus considérable et dans des proportions beaucoup plus fortes, elle opère un épuisement véritable des cellules ligneuses, et en outre, par son propre poids, elle effectue le déplacement du jus.

Si on met en contact de la pulpe et de l'eau, et qu'on les laisse un temps suffisant ensemble, on observe que l'eau dilue et déplace, non seulement le jus qui se trouvait hors des cellules, mais encore celui que renfermaient les cellules. La paroi ou membrane qui forme ces dernières n'est pas en effet complètement imperméable. En vertu d'une force moléculaire qui lui est propre et dont la cause n'est pas encore bien connue, elle permet l'échange entre les liquides extérieur et intérieur. Le jus étendu de l'extérieur pénètre dans la cellule, et, en même temps, le jus plus concentré qui se trouvait dans cette dernière en sort, jusqu'à ce que les jus, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, ne forment plus qu'un seul liquide homogène et de même concentration. Cette tendance à l'équilibre de deux dissolutions de richesse inégale à travers des membranes porte en physique le nom d'Endosmose et d'Exosmose; appliquée à la production du jus de betteraves, elle constitue la macération.

L'intensité de l'Osmose, ou du mouvement en sens inverse des deux liquides, est variable suivant la nature de la membrane qui les sépare. Ainsi, le caoutchouc et les membranes animales ne produisent pas du tout les mêmes actions. Elle varie également suivant la nature des liquides mis en présence. D'après les expériences de Jolle, pour faire passer une partie de sel de cuisine d'un côté de la membrane à l'autre par exosmose, il suffit de faire passer en sens inverse 4 parties 3$^{dix.}$ d'eau. Si, au contraire, on veut faire passer dans les mêmes conditions une partie de sucre, il faudra que sept parties d'eau traversent la membrane en sens inverse.

En ce qui concerne spécialement l'effet de l'osmose sur le jus de betteraves, les modifications qu'elle apporte dans les proportions relatives de sels et de sucre, la quantité d'eau de macération qui les remplace, tout ces points auraient encore besoin d'être éclaircis par de nombreuses expériences. On a constaté seulement que la mélasse, mise à travers une membrane en contact avec de l'eau, lui cède plus rapidement les sels que le sucre. La différence entre l'Osmose de ces matières est telle que Haug a proposé[1] de l'utiliser pour dépouiller la mélasse de ses sels, et c'est sur le même principe que reposent les appareils de Dubrunfaut, dont il sera question plus tard.

Si les parois de la cellule végétale se comportaient pour l'osmose comme les membranes animales, le jus de betteraves comme la mélasse, on en devrait conclure que les sels renfermés dans la betterave passent plus rapidement dans le liquide macérateur que le sucre, en d'autres termes, qu'en employant peu d'eau pour la macération, on séparerait tous les sels associés au sucre, et qu'on laisserait dans les cellules cette dernière matière complètement pure. En réalité, c'est un résultat opposé à celui que nous cherchons, et on voit qu'il faut, pour que la macération remplisse son but, employer de grandes quantités d'eau. Je n'ai pas besoin d'ajouter que cette théorie n'est au

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. T. 7, p. 355.

fond qu'une hypothèse, et, qu'avant de l'admettre, il serait bon de la confirmer par des expériences concluantes.[1]

Du reste, il ne serait peut être pas impossible de modifier les propriétés osmotiques du tissu cellulaire des betteraves en le soumettant à un traitement chimique convenable. Ainsi, d'après Dubrunfaut, l'addition d'acides étendus faciliterait singulièrement l'extraction du sucre par la macération. Une proportion de 0,004 à 0,005% d'acide sulfurique suffirait, à la température ordinaire de 15 ou 18°, pour produire un effet très-sensible sans altérer en rien le sucre cristallisable. De même que les acides, les bases et les sels alcalins doivent surexciter l'action d'osmose dans les tissus végétaux.

La théorie et l'expérience concordent pour établir que plus la pulpe sera divisée, plus elle présentera à l'eau de surfaces de contact, et plus la macération du jus se fera promptement et complètement. Ainsi, la pulpe râpée s'épuise beaucoup mieux que les cossettes. Celles-ci paraissent exiger, pour s'imbiber et macérer complètement, un temps infiniment plus long. Nous reviendrons du reste plus tard sur ce point particulier.

Pour soumettre à un calcul approximatif l'effet de déplacement que produit l'eau sur la pulpe, nous ferons abstraction, pour plus de simplicité, de la différence de rapidité d'osmose pour les sels et le sucre. Nous admettrons donc que, dans chaque période de la macération, le jus se mélange uniformément à l'eau sans que sa composition soit modifiée.

Comme nous l'avons déjà dit maintes fois, 100 parties de betteraves en poids contiennent 96 parties de jus et 4 parties

---

1) Les recherches de Grouven sur la valeur des résidus, (Journal de l'assoc. des fab. allem. — 1861, 80e livraison, page 147), peuvent jeter quelque lumière sur les proportions de sels et de sucre que l'Osmose fait sortir des cellules. Grouven a trouvé:

Pour des résidus de macération frais à 79,6 % d'eau: potasse 0,078, soude 0,064.
Pour des tourteaux frais de presse hydraulique à 75,4% d'eau . . . . potasse 0,214, soude 0,058.

Ainsi, la macération laisserait dans les résidus une moindre proportion des sels les plus actifs et les plus nuisibles; par suite, les jus de macération renfermeraient plus de ces principes que les jus produits par la presse hydraulique.

de ligneux. Si donc, à 100 parties de pulpe fraiche on ajoute 96 parties d'eau, on devra obtenir 192 parties de jus d'une densité moitié moindre qu'au début de l'opération. Ainsi, si le jus marquait au commencement 16 % Balling (8°,8 Baumé), il ne marquera plus que 8 % (4°,4 Baumé), après l'addition d'eau. Soutirons maintenant 96 parties de ce jus dilué, et mélangeons le résidu avec 96 parties d'eau nouvelle. Notre jus marquera alors 4 % Balling (2°,2 Baumé). En répétant cette opération un certain nombre de fois, c'est-à-dire en retirant chaque fois 96 parties du jus et les remplaçant par 96 parties d'eau, nous aurons des jus marquant successivement 2 %, 1 %, ½ %, et enfin ¼ %. On voit tout de suite, sans qu'il soit nécessaire de plus de détails, qu'avec des épuisements répétés dans ces conditions, on enlève à la pulpe à peu-près tout son jus, et que le liquide qu'elle retient marque presque 0°. Avec six opérations, et en supposant que dans chacune d'elles la macération soit complète, c'est-à-dire que tout le jus se mêle à l'eau, on peut déjà retirer 15 ¾ de sucre sur les 16 % que renfermait la betterave.

Si l'on mélangeait les jus retirés successivement de la cuve dans chacune des six opérations, le liquide qu'on obtiendrait marquerait $\frac{8 + 4 + 2 + 1 + 0,50 + 0,25}{6}$ ou 2,62 % Balling (1°,45 Baumé). Il serait donc extrêmement dilué, et son évaporation serait très-coûteuse. En réalité, on ne procède pas de la sorte, et on se garde de mélanger les dilutions successives: on met chacune d'elles en contact avec de nouvelles quantités de pulpe fraiche, jusqu'à ce qu'on obtienne des jus d'un degré presque identique avec le degré initial dans la racine. Par exemple, si l'on fait passer les 96 parties de jus à 8 % Balling résultant de la première opération sur 100 parties de pulpe fraiche, on aura 192 parties de jus à $\frac{8 + 16}{2}$ ou 12 % Balling. 96 parties de ce nouveau jus à 10 % sont soutirées et versées sur 100 parties de nouvelle pulpe. Il se forme

du jus à $\frac{12 + 16}{2}$ ou 14 %. Si de même on reprend ce jus pour traiter 100 autres parties de pulpe, le résultat sera du jus à $\frac{14 + 16}{2}$ ou 15 % Balling. Le 4[e] mélange avec 100 de pulpe donne du jus à $\frac{15 + 16}{2}$ ou 15,5 % Balling; le 5[e], du jus à 15,75 % enfin le 6[e], du jus à $\frac{15{,}75 + 16}{2}$ ou 15,875 %. En résumant les résultats de ces opérations, on voit qu'on a pour les degrés de concentration successifs du jus les nombres suivants:

1[er]	2[e]	3[e]	4[e]	5[e]	6[e] mélange
12 %	14 %	15 %	15,5 %	15,75 %	15,875 % Balling.

Dès la 6[e] opération, le jus qu'on obtient a, comme on le voit, à très peu-près la même concentration que le jus initial, et la différence se réduirait encore si l'on poussait le travail plus loin.

Si, dans la pratique, on obtenait des résultats conformes à ces nombres, la macération serait sans contredit le plus simple et le plus employé des procédés pour l'extraction du jus des betteraves. Mais en réalité, les jus qu'on obtient dans les cuves de macération, en se plaçant dans les meilleures conditions théoriques, sont loin d'être aussi riches qu'on serait en droit de l'espérer. Nous donnons ci-après les nombres relevés dans quelques fabriques où l'on fait usage des appareils de macération les plus perfectionnés.

Numéros des cuves.	Degré du jus qu'on devrait avoir théoriquement, le jus initial marquant 16 % Balling.	Degré réel du jus à la fabrique de Stassfurth. — Le jus initial marquait 15,4 % Balling.	Degré réel du jus à la fabrique de Halle. — Le jus initial marquait 13,8 % Balling.	Degré réel du jus à la fabrique de Waghäusel. — Le jus initial renfermait 12,23 % de sucre; quotient de pureté, 76.
1	0,25 %	1,1 %	1,05 %	0,13 %
2	0,5 -	2,2 -	2,05 -	0,35 -
3	1 -	2,75 -	3,05 -	0,50 -
4	2 -	3,5 -	4,05 -	0,61 -
5	4 -	4,5 -	5,3 -	0,83 -
6	8 -	5,4 -	6,55 -	1,0 -
7	12 -	6,75 -	7,42 -	1,39 -
8	14 -	8,8 -	8,8 -	1,87 -
9	15 -	9,5 -	10,42 -	2,36 -
10	15,5 -	12 -	—	3,14 -
11	15,75 -	—	—	4,35 -
12	15,875 -	—	—	5,30 -
13	15,987 -	—	—	7,72 -

La divergence entre les nombres de ces diverses colonnes est, comme on le voit, très-grande, et cependant les résultats proviennent d'usines parfaitement menées et très-bien outillées. Ce n'est donc pas à la conduite de la macération, mais au procédé lui-même, qu'il faut attribuer l'écart observé.

Les quelques considérations théoriques ou pratiques qui précèdent nous permettront de faire comprendre plus clairement les divers appareils ou méthodes employées pour l'épuisement des betteraves. Nous commencerons par décrire le mode de macération le plus connu et qui porte le nom de méthode de Schutzenbach.

Dans ce procédé, la betterave est soumise au lavage sous forme de pulpe râpée. La macération en cossettes, que Schutzenbach lui-même avait essayée, ne donnait que des résultats défavorables. L'eau de macération agissait très-irrégulièrement; elle se frayait un chemin à travers les cossettes,

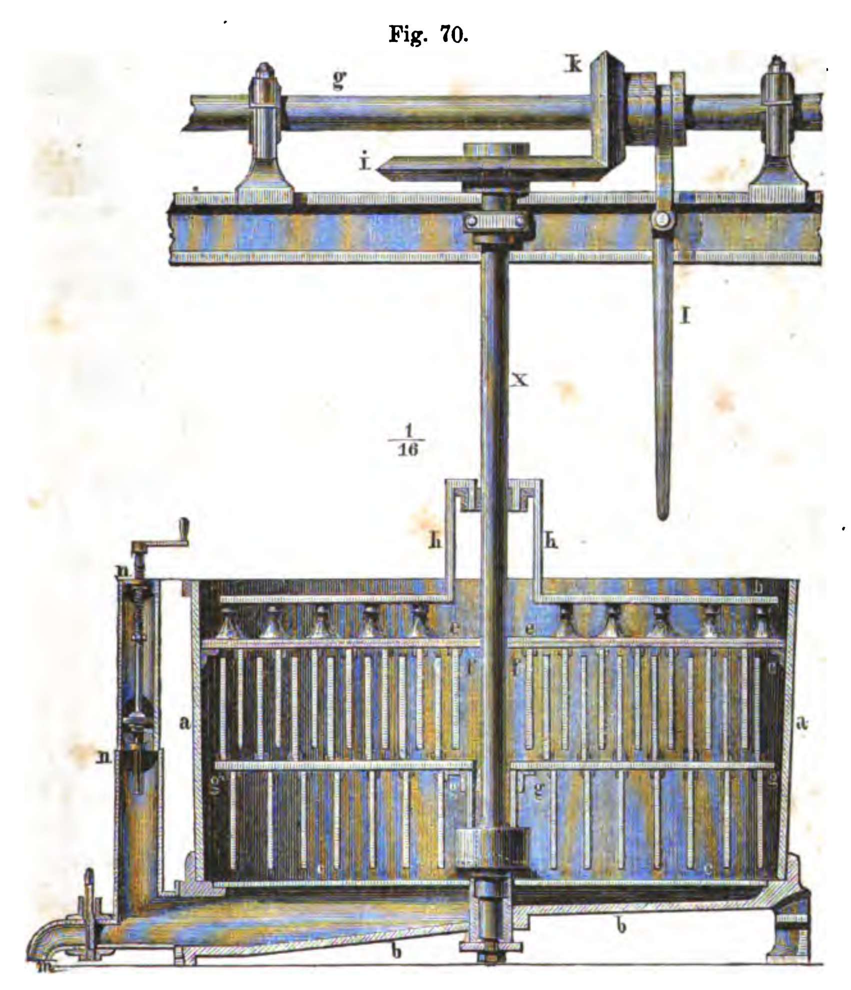
épuisait peut-être certaines portions de racines plus perméables, mais n'agissait que très-faiblement ou point du tout sur les autres. La raison de cette inégalité pourrait s'expliquer par les recherches de Dubrunfaut. Ce savant chimiste a constaté en effet que, dans les cossettes fraiches, la cellulose se trouve sous un état de tension qui neutralise en partie les actions osmotiques. L'aspect opalin que présente une tranche de betteraves serait dû à des gaz renfermés dans l'intervalle des cellules et dont l'effet s'ajouterait au rapprochement et à la cohésion des cellules entre elles pour empêcher la pénétration du liquide macérateur.

Quoiqu'il en soit, c'est un fait bien établi que les cossettes de betteraves fraiches, dans les conditions ordinaires, n'abandonnent à l'eau que difficilement et seulement en partie les principes solubles qu'elles renferment. Aussi, la macération ne donnait-elle aucun résultat satisfaisant, jusqu'au moment où Schutzenbach eut l'idée heureuse de déterminer un mouvement continu du liquide, ce qui devait amener, et des déplacements dans le sein de la masse à épuiser et un renouvellement continu entre le liquide et la surface des particules de pulpe qu'il s'agissait d'épuiser. Du reste, Schutzenbach lui-même ne prétendait pas arriver à une macération absolue, à l'extraction de la totalité des jus, comme on l'a affirmé souvent depuis. — Quel que soit le jugement que l'on porte sur sa méthode, Schutzenbach a rendu à l'industrie sucrière un service éminent, en la faisant sortir de sa léthargie, en prouvant que l'emploi des presses hydrauliques n'était pas le dernier mot de la science, qu'on pouvait arriver au même but par d'autres méthodes. Il fit voir, le premier, qu'on pouvait extraire rapidement le jus de la betterave en employant simplement de l'eau froide, et ce fut le point de départ de nouvelles idées, parmi lesquelles il faut ranger l'emploi des turbines.

Examinons maintenant comment étaient construits les appareils de Schutzenbach. La partie essentielle était formée par des cuves rondes en tôle, dont la figure 70 représente la coupe par un plan vertical et la disposition intérieure. Le

fond *b* de chacune des cuves est établi en pente vers l'un des bords, de façon qu'on puisse, à l'aide des robinets ou valves *m*, faire écouler aussi complètement que possible le liquide renfermé dans la cuve. Si le robinet *m* est fermé, le liquide, qui

Fig. 70.



arrive dans la cuve comme nous le verrons plus loin, s'élève, en vertu du principe des vases communiquants, dans le tube *n* et de là, à l'aide d'une soupape dont on règle l'ouverture, passe par un tube latéral dans une seconde cuve disposée comme la précedente, mais à un niveau inférieur (voir fig. 72). Au dessus du fond *b* de la cuve est ménagé un faux plancher *c c* muni

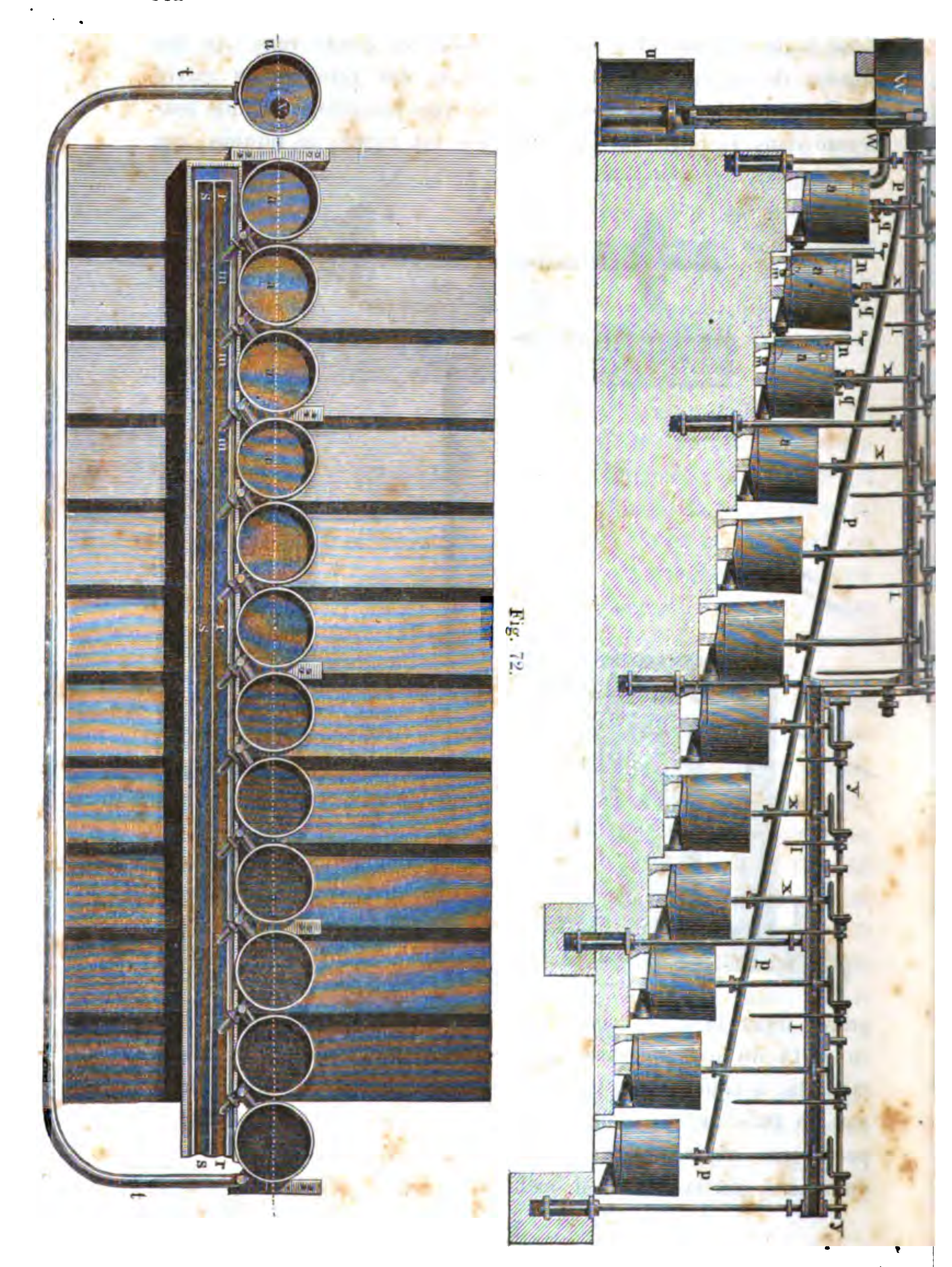


Fig. 72.

d'un grillage métallique et qui retient la partie solide de la pulpe, pendant que le jus s'écoule. A la partie supérieure, en *e e*, se trouve établi un second grillage analogue, formé de deux moitiés séparées et qu'on peut facilement enlever. Des tiges verticales *f f* solidaires du fond supérieur ont pour but de diviser la pulpe et l'empèchent de prendre un simple mouvement de rotation en masse sous l'action des agitateurs mécaniques *gg*. Ces derniers sont montés sur un axe *x x* qui reçoit son mouvement par les engrenages coniques *i* et *k*. Le même arbre porte des nettoyeurs *h h*, sortes de brosses, qui maintiennent libres les orifices du grillage supérieur de façon à laisser toujours un passage suffisant à l'eau et à l'air. Un dispositif semblable de brosses également mis en mouvement par l'arbre *x* remplit le même rôle pour le grillage du fond *c c*.

Les cuves sont étagées les unes par rapport aux autres, ainsi que l'indique la figure 71, qui représente une vue latérale d'ensemble de toute la batterie.

On voit que le jus passe ainsi par les tuyaux *n*, de la cuve supérieure dans sa voisine établie à 12 ou 15 centim. plus bas, sans qu'il soit nécessaire de recourir à une force mécanique. Au sortir de la dernière cuve seulement, de la plus basse, le jus est amené par un tuyau *t* (figure 72), dans un réservoir *u*, d'où une pompe *v* le remonte dans le vase *w* placé à un niveau supérieur. La pompe *v* forme ainsi le trait-d'union entre les deux extrémités de la batterie, et assure au jus une circulation continue. Tous les agitateurs pour chaque cuve sont commandés par les deux arbres communs *y y*, qui reçoivent eux-mêmes leur mouvement en *L* d'une machine à vapeur spéciale. Chacun des agitateurs peut d'ailleurs être maintenu au repos par la simple manœuvre du débrayage *l*. De la sorte, et sans interrompre le service de la batterie, on peut nettoyer chacune des cuves sans aucun danger. Une conduite d'eau *p p* règne dans toute la longueur de l'installation, et on ménage sur elle, au dessus de chaque cuve, une prise spéciale munie d'un robinet.

En avant de la ligne des cuves sont disposées deux rigoles *r* et *s* (figure 72). Le canal *r* reçoit le jus concentré produit par la batterie. Ce jus passe dans un récipient de jauge qui sert de contrôle et arrive de là aux chaudières de défécation. La conduite *s* reçoit l'eau qui a passé sur la pulpe épuisée, et la dirige au dehors avec les autres eaux de la fabrique.

La grandeur ou la capacité des appareils se calcule naturellement d'après l'importance du travail journalier de la fabrique. A Halle, par exemple, chacune des 12 cuves a $1^{m},20$ de large et 1^{m} ou $1^{m},10$ de hauteur. L'intervalle compté entre les deux fonds en grillages et dans lequel se trouve la pulpe a $0^{m},60$ de hauteur. Chaque cuve peut recevoir environ 400 k^{os} de betteraves. Nous donnerons plus loin les dimensions de l'appareil installé à Stassfurth.

Dans cette dernière usine, au lieu de la disposition en gradins, on a dû, par suite du manque de local convenable, établir les cuves sur un plan unique. La circulation du jus d'une cuve à l'autre est assurée par des pompes à force centrifuge. Il est regrettable qu'on ait dû ainsi adopter une disposition assez compliquée, et sacrifier la simplicité, si précieuse dans toute installation et surtout dans la sucrerie, pour la production du jus. Il ne faut donc considérer cette installation que comme un pis-aller auquel conduisaient forcément des difficultés locales.

Les mêmes appareils présentent une autre disposition de détail qui, surtout pour de grandes installations, mériterait d'être généralisée. Chaque cuve est munie d'un double agitateur; de cette façon, on peut maintenir en mouvement sans difficulté de grandes quantités de pulpe.

Dans l'installation de Stassfurth, les cuves ont un diamètre intérieur de $1^{m},48$ à la partie supérieure et $1^{m},45$ au fond. Le faux plancher est à $0^{m},05$ du fond et, à la partie supérieure de la cuve, il reste au dessus du grillage un espace vide de $0^{m},20$. La cuve a donc comme diamètre moyen $1^{m},70$ ce qui correspond à une section de $1^{mq},58$. La hauteur utilisable est de $0^{m},80$ environ, savoir: 75^{c} entre les deux fonds et 5^{c} entre

le faux plancher et la paroi inférieure. D'après ces dimensions on voit que le volume utilisable de la cuve est de 1^{mc},20 soit 12 hectolitres. On place dans chacune de ces cuves la pulpe de 415 k^{os} de betteraves râpées avec une addition de 10 % d'eau, ce qui donne 456 k^{os}. La différence entre le poids total que peut recevoir la cuve, 1200 k^{os}, et le poids de la pulpe, 415, représente la proportion d'eau qu'on ajoute. On voit que dans chaque cuve la pulpe se trouve en contact presque avec le double de son poids d'eau, tandis que dans notre calcul théorique, au début de ce chapitre, nous avons supposé qu'on mettait en présence des poids égaux de pulpe et d'eau.

Le travail des appareils est d'ailleurs très-simple. Chaque cuve à remplir reçoit d'abord un peu de jus, (sauf à la mise en train où on remplace le jus par de l'eau). On ajoute ensuite le volume voulu de pulpe. Cette addition se fait, soit à l'aide de baquets, soit à l'aide d'une caisse à pulpe, roulant sur des rails au dessus de la batterie. Pendant qu'on verse la pulpe, on doit avoir soin de maintenir l'agitateur en mouvement. Sans cette précaution, la pulpe plus dense tomberait au fond et obstruerait rapidement les orifices du grillage, surtout si l'on n'avait pas la précaution de nettoyer ce dernier avec des balais de paille de maïs ou de jonc. Il importe d'ailleurs que la vitesse de l'agitateur soit soigneusement réglée. Un mouvement trop rapide donnerait naissance à une forte proportion de mousses. Un mouvement trop lent diminuerait la rapidité de la macération, et réduirait d'autant le rendement de l'appareil. La vitesse de 20 à 24 tours à la minute paraît être celle qui donne les meilleurs résultats. Plus tard, quand le jus est en partie exprimé, on peut l'aisser l'agitateur au repos; la partie ligneuse des cellules, spécifiquement plus légère que l'eau, reste en effet alors à la surface du liquide, et n'a plus de tendance à engorger le diaphragme métallique. Malheureusement, quelques précautions que l'on prenne, il passe toujours une forte proportion de pulpe à travers le grillage, et ces matières solides rendent la défécation plus difficile et plus pénible par suite de la quantité d'écumes auxquelles elles donnent lieu. On remédie en

partie à cet inconvénient en faisant passer le jus, au sortir de la batterie, et avant de l'envoyer à la défécation, dans une autre cuve dont les grillages servent pour ainsi dire de filtre et retiennent une partie des matières ligneuses entrainées par le jus. Pour le même motif, il est bon de ne pas réduire la betterave en pulpe trop fine, mais de la laisser un peu grossière. Cependant il importe de garder un juste milieu pour cette division de la racine, car une pulpe trop grosse expose le fabricant à n'avoir que des épuisements incomplets et par suite à perdre une partie du sucre de la betterave.

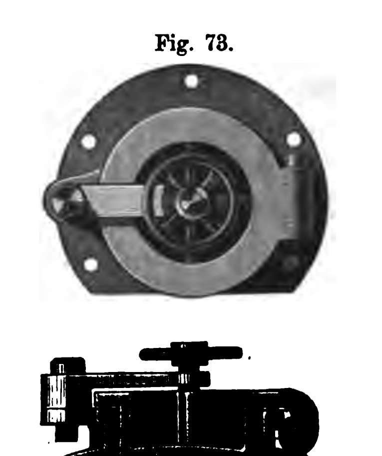
La cuve ainsi chargée de pulpe fraiche, on règle les robinets des tuyaux de communication entre les cuves de façon que le niveau dans chacune d'elles reste constant malgré la circulation du liquide. Pour déterminer cette circulation, on fait arriver de l'eau dans la cuve qui contient la pulpe la plus épuisée. A mesure que cette eau arrive, elle déplace le jus dilué et le force à passer dans la cuve suivante. A son tour, ce jus arrivant dans la seconde cuve en déplace le jus et le force à passer dans la troisième. La même action se répète ainsi pour chaque cuve jusqu'à ce que l'eau ait passé sur 8 à 10 récipients chargés de pulpe. Pour éviter dans cette circulation le mélange des jus d'inégale densité, on a soin de maintenir le niveau du liquide, dans chaque cuve, à 1 centimètre environ au dessus du grillage supérieur. Ce diaphragme forme ainsi, pendant le déplacement du jus, une sorte de séparation entre le liquide plus dense qui est au dessous et le jus plus léger qui arrive par dessus, de la cuve précédente.

Le jus, lorsqu'il a parcouru tout le circuit des appareils, coule de la dernière cuve dans le réservoir. On retire ainsi 120 à 130 k^os de jus pour 100 k^os de betteraves. A ce moment, on ferme le robinet *m* de vidange, et on fait passer l'excédent de jus que contenait la cuve dans l'appareil suivant, où, trouvant de la pulpe fraîche, il se chargera de nouveau de principes solubles et pourra ensuite être repris pour la défécation.

Dès qu'on a chargé à la fin du circuit une nouvelle cuve de pulpe fraiche, on doit, dans la batterie, vider la cuve qui con-

tient la pulpe entièrement épuisée. A cet effet, on laisse perdre l'eau presque pure qu'elle contenait et on retire la pulpe par une porte latérale ménagée dans la paroi, et que représente la figure 73. Le mode de fermeture ressemble beaucoup à celui des trous d'hommes dans les filtres. Souvent, au lieu de cette disposition, on emploie simplement un tampon muni d'une feuille de caoutchouc.

Fig. 73.



Une batterie se compose de 10 cuves en marche et toutes les 4 minutes, ou toutes les 4 minutes et demie, on charge une nouvelle cuve. La production du jus dure donc de 40 à 45 minutes. Par suite, l'appareil peut recevoir de 14 à 15 chargements à l'heure, soit au plus 15×415 ou 6200 k^{os} de betteraves. Par jour et pour 22 heures on trouve pour la quantité de betteraves traitée 130,000 k^{os} de betteraves. C'est, jusqu'à présent, le chiffre le plus élevé auquel on soit arrivé avec des appareils de macération.

On s'assure dans la pratique que la pulpe est bien épuisée en soumettant à l'essai polarimétrique les eaux qui coulent des cuves avant qu'elles ne soient déchargées.

Si cette eau de lavage ne contenait pas en réalité de sucre, si en même temps l'intérieur de toutes les cellules non atteintes par les dents de la râpe était uniformément épuisé par l'eau, la macération donnerait à peu-près tout le sucre que renferment les betteraves. Malheureusement, nous n'avons aucune garantie que toutes les cellules soient soumises à l'action d'osmose d'une manière complète, et, même avec des eaux absolument sans action au polarimètre, nous ignorons si tout le sucre a été enlevé à la pulpe. D'ailleurs, en fait, la tendance à la fermentation des résidus de pulpe prouve bien qu'ils retiennent encore du sucre. D'autre part, les eaux de lavage con-

tiennent toujours une petite proportion de sucre et il n'en faut pas plus, en égard à la grande quantité de ces eaux qu'on laisse perdre, pour que la perte en sucre soit assez importante. Il est facile de s'en assurer par un exemple:

Chaque cuve, avons-nous dit, contient en tout, pulpe et eau, 1206 k°. Ces 1206 k° se composent de $\frac{4 \times 415}{100}$ soit 16k,6 de ligneux et de 1206 — 16,6 ou 1189k,4 de liquide. Si donc le liquide qu'on laisse perdre, après 8 ou 10 épuisements, marque 0,5 %, on a, comme perte en sucre, $\frac{0,5 \times 1.189,4 \times 100}{100 \times 415}$, ou environ 1,4 % de sucre sur 100 de betteraves. Ce chiffre correspond à une perte de $\frac{100 \times 1,4}{12}$ ou 11,6 % de jus sur 100 de betteraves, si le jus naturel marquait 12 % au polarimètre. Par suite, le rendement réel en jus, s'il n'y a pas eu de perte d'autre part, ne sera que de 96 — 11,6 ou 84,4 %.

Si les eaux de lavage qu'on perd ne marquaient au polarimètre que ¼ pour 100, la perte de sucre correspondrait dans ce cas à une perte de jus de 5,8 % et le rendement en jus serait de 96 — 5,8 ou 90,2 %.

Dans des recherches faites par Adolphe Franck à Halle,[1] le liquide perdu contenait 0,3 % de sucre ce qui correspondait à une quantité de sucre de 0,8781 % sur 100 de betteraves. Comme les racines mises en œuvre contenaient 11,064 % de sucre et 95,5 % de jus on voit que la perte en jus était de $\frac{95,5}{11,064} \times 0,8781$ ou 7,5 %. On obtenait donc en réalité comme rendement 95,5 — 7,5 ou 88 % de jus dans la fabrication courante de Halle. Si donc nous prenons comme valeur moyenne du rendement en jus avec la macération 89 %, c'est admettre déjà par là même un très-beau résultat que la pratique ne parvient pas toujours à réaliser.

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. 80e livraison, page 158.

En résumé, on voit que, même dans les meilleures conditions, on n'obtient pas une macération de la pulpe et par suite une production de sucre équivalentes à la richesse de la betterave. Souvent, les fabricants se sont laissés tromper par la faible proportion de sucre, ¼ %, que renferment les eaux perdues, et ont cru obtenir des résultats magnifiques. Ils ne faisaient pas attention que pour 415 k^os^ de pulpe ils perdaient 1,184^k^,4 de liquide à ¼ %, ce qui correspond par 100 k^os^ de betteraves, d'après les calculs qui précèdent, à 0^k^,7 de sucre pur qu'on laisse perdre. Ainsi s'explique ce fait déjà remarqué par Siemens,[1] que le rendement en masse cuite ne correspond pas à l'augmentation de jus que devrait donner la macération. Un autre motif de différences entre le rendement théorique et les résultats pratiques vient de ce que l'on s'appuie à tort sur les essais polarimétriques de la pulpe épuisée, car ces résidus contiennent presque toujours, quel que soit leur mode de production, plus de sucre que n'en indique l'essai.

En présence de la possibilité d'une perte aussi grande par les eaux sortant des cuves, en présence des variations de rendement qui dépendent si étroitement du soin avec lequel les travaux s'effectuent, on voit sans peine que, si l'on veut que le procédé de la macération réussisse, il est essentiel de ne le confier qu'à des ouvriers très-consciencieux. Lorsqu'on ne peut recruter qu'un personnel ordinaire, les appareils de macération n'offrent pas plus de garantie de succès que les presses hydrauliques à action combinée.

A la vérité, on a proposé d'utiliser de nouveau les eaux qu'on laissait perdre, de manière à retrouver une partie du sucre qu'elles renferment, mais il est certain que cette méthode fait perdre aux liquides leur pureté en les mélangeant contre toutes les règles essentielles de la macération. On peut donc se demander si, dans ce cas, le remède n'est pas pire que le mal, d'autant plus que souvent les eaux qui sortent des cuves prennent très-vite une réaction acide.

---

1) Revue d'agriculture 1854, n° 14.

Il est hors de doute que la macération de Schutzenbach permet d'obtenir plus de sucre qu'une seule pression hydraulique. Mais l'avantage qu'on trouve ainsi représente à peu-près 0,6 % en masse cuite, ce qui correspond au maximum à 5 % de jus en plus. Comme les bonnes presses donnent 84 % de jus, on aurait, avec le procédé de Schutzenbach (84 + 5) = 89 % de jus, ce qui parait constituer dans la pratique un bon rendement moyen.

Un avantage qu'on ne saurait trop apprécier dans la macération, c'est que le travail se fait très-proprement, que les jus ne se trouvent en contact, ni avec les sacs à pulpe, ni avec toutes les autres substances susceptibles d'amener la fermentation. Il suffit de changer les grilles filtrantes tous les deux jours et d'en profiter pour nettoyer les cuves à fond, pour qu'on n'ait aucun risque à courir. Néanmoins, si nous étudions la statistique des fabriques de sucre, nous trouverons que la procédé de la macération est assez peu répandu. D'autre part, par suite de la dilution des jus, la macération se prète beaucoup mieux au travail des betteraves de bonne qualité que des jus peu chargés de sucre. Ainsi, la macération est moins en faveur en France qu'en Allemagne, les betteraves du premier pays donnant généralement des jus beaucoup moins riches. En outre, lorsqu'on traite de mauvaises betteraves, la pulpe prend souvent un caractère gélatineux qui rend l'extraction du jus plus difficile. C'est un inconvénient analogue à celui qui se présente avec les presses et qui met rapidement les sacs hors de service. Il en résulte que la méthode de Schutzenbach peut donner dans les bonnes années de très-bons résultats et que l'année suivante, avec de mauvaises betteraves, elle présente des difficultés de toute nature.

Nous ne nous appesantirons pas, en dehors des considérations qui précèdent, sur les mille détails qu'exige la bonne marche de la macération: les cuves doivent être parfaitement étanches; les grillages doivent bien faire joint sur leurs supports; la grosseur plus ou moins considérable de la pulpe, le mouvement trop rapide ou trop lent de l'agitateur, l'importance

de ne pas laisser perdre trop tôt les eaux provenant de la pulpe épuisée, sont autant de questions dont nous avons déjà signalé l'influence sur la réussite du travail. Nous nous bornerons à faire remarquer que la quantité d'eau ajoutée au jus est forcément assez considérable. Elle varie de 30 à 40 % et est en moyenne de 35 %. La méthode de Schutzenbach n'est donc réellement pratique que là où le combustible est à bon marché.

La quantité d'eau nécessaire au service des cuves est énorme: si on fait entrer en ligne de compte celle qui sert au nettoyage des cuves, on peut admettre que la quantité d'eau employée représente de 3 à 4 fois le poids des betteraves. Si l'on voulait procéder rationnellement, il faudrait du reste déterminer chaque fois autant que possible le volume de l'eau, de même que toutes les autres données du travail, d'après la richesse saccharine des betteraves mises en œuvre. Ainsi, avec des pulpes dont le jus marquerait 17 % Balling, il faudrait travailler autrement qu'avec des jus à 12 %; il serait bon d'employer plus d'eau, d'augmenter le circuit en se servant d'un plus grand nombre de cuves, de laisser un temps plus long à la macération dans chaque cuve, etc. Si on néglige ces précautions, si l'on travaille toujours d'après les mêmes errements, sans tenir compte des variations de la matière première, on arrivera inévitablement à perdre une partie du sucre avec des betteraves riches. Il faudrait au moins, une fois pour toutes, déterminer la proportion maximum d'eau et la durée de la macération pour les jus les plus riches en sucre, sauf à voir souvent les jus moins riches inutilement étendus d'eau.

La macération donne naissance à beaucoup plus d'écumes que le procédé des presses hydrauliques. Il en résulte que le travail de la défécation est plus difficile, que celui des presses à écume est augmenté et souvent aussi qu'une partie du jus est perdue.

Les résidus de pulpe sortant des cuves doivent être pressés pour qu'on puisse les conserver. Cette opération ne constitue pas un grand travail, car il suffit d'y consacrer une

grande presse bien disposée, pour 50,000 k^{os} de racines travaillées journellement. Cette presse exige deux ouvriers et la batterie elle-même de 10 à 12. En dehors de ce nombre, on a souvent besoin, à cause de la plus forte proportion d'écumes, de mettre un homme de plus à la défécation. En moyenne, on peut compter pour le service de la macération 12 hommes.

Les frais d'installation sont assez faibles. Ainsi, pour un travail de 50,000 k^{os} on doit compter:

Une râpe	4,500^{f}
Batterie avec tous ses accessoires . . .	15,000 -
Une grande presse	5,000 -
Une machine à vapeur de 8 chevaux . .	5,000 -
Total . . .	29,500^{f}

Il est facile, d'après ces données, d'estimer le prix de revient du jus que l'on produit:

a. 6,000,000 k^{os} betteraves à 24^{f} les 1,000 k^{os} .	144,000^{f}
b. Transport et lavage comme précédemment . .	4,032 -
c. Intérêt et amortissement de l'installation à 10 %	2,950 -
d. Réparations, toiles métalliques, brosses, etc. .	3,000 -
e. Salaires de 12 ouvriers par poste, soit 24 par jour et 2,880 par campagne à 1^{f},20	3,456 -
f. Lavage des toiles, etc.	350 -
g. Combustible pour la machine 880 k^{os} par jour, soit pour 120 jours, 105 tonnes à 36^{f} . . .	3,780 -
h. 35 % d'eau, soit 21,000 hectolitres d'eau à évaporer[1] à 5 k^{os} d'eau par k^{me} de houille, 420 tonnes de houille à 36^{f}	15,120 -
Total . . .	196,688^{f}

On obtient dans ces conditions 89 % de jus soit 5,034 tonnes. Le prix de revient par 100 k^{os} est donc de 3^{f},90.

1) On n'a pas tenu compte dans ce calcul des dépenses supplémentaires dans l'installation qu'exige cette évaporation, (augmentation des chaudières, foyers, conduites, etc).

Chapitre VII.

Emploi simultané de la presse et de la macération pour l'extraction des jus.

Sur les trois méthodes d'extraction de jus que nous venons de décrire dans les chapitres précédents, aucune ne constitue un procédé parfaitement satisfaisant; aucune d'elles ne saurait être appliquée indistinctement dans tous les cas. Suivant que les conditions locales se modifient, chacun des procédés d'extraction offre plus ou moins d'avantages. Chaque fabricant doit donc, en s'appuyant sur les conditions dans lesquelles il se trouve, choisir le mode de travail le plus avantageux pour ses intérêts.

Jusqu'à ce jour, la presse hydraulique est encore, et à juste titre, le système de travail de beaucoup préféré. Aucun autre n'est aussi indépendant de l'habileté ou du bon vouloir des ouvriers, aucun n'est aussi simple et par suite aussi sûr. Or, la simplicité de l'outillage est une question capitale pour le fabricant. Il est vrai que le service des presses exige, comme nous l'avons vu, une brigade beaucoup plus nombreuse que celui des turbines ou de la macération, mais le travail est facile à contrôler et à apprendre; dès les premiers jours de la campagne, des ouvriers nouveaux se mettent parfaitement au courant de leur tâche. Le seul rôle du contre-maître est dans ce cas de contrôler la marche des pompes et l'intensité des pressions.

Il en est autrement pour les turbines: là, chaque machine est confiée à un seul ouvrier. et le rendement dépend presque exclusivement de l'habileté du personnel. Or, l'éducation de ce personnel est longue, car il doit veiller constamment à son travail; si les turbines ne sont pas chargées ou déchargées en temps utile, si la clairce est mal répartie ou à une époque de l'épuisement mal choisie, si les turbines ne font pas exactement le nombre de tours voulu, ce sont autant de conditions qui modifient le rendement. Il est vrai que l'inspection des pulpes permet de voir après coup si le turbinage s'est bien ou

mal fait, mais ce contrôle est souvent trompeur et d'ailleurs il ne se fait que quand il n'est plus temps de corriger le travail. Au point de vue des installations, la turbine est toujours, par rapport aux presses hydrauliques, un outil délicat, dont l'entretien exige des précautions de tous les instants.

Les turbines ont avec les presses cet avantage commun que chaque appareil travaille indépendamment des autres, tandis que dans le système par macération, l'ensemble des cuves ou la batterie forme un tout dont chaque partie est solidaire des autres. Si l'une d'elles est arrêtée, tout le travail est suspendu, et c'est un inconvénient dont la gravité ne saurait être contestée. Dans ces conditions, la moindre réparation devient immédiatement très-coûteuse, puisquelle entraîne, ou la suspension totale du travail, ou au moins des chômages multipliés. Le travail par macération, tel que nous l'avons décrit plus haut, ne présente une supériorité incontestable que dans les usines éloignées des ateliers de construction et où dès-lors les réparations d'outillage sont toujours assez longues. Il est à peine besoin de dire que, pour la macération comme avec les turbines, l'habileté, l'adresse et l'expérience des ouvriers sont des conditions essentielles d'un bon travail.

En résumé, les presses sont encore, malgré leurs inconvénients, le système le plus généralement adopté. Malheureusement, leur action sur la pulpe n'est qu'indirecte et c'est déjà un résultat satisfaisant que d'obtenir un rendement moyen de 80 à 82 % de jus, quand on n'ajoute pas d'eau à la râpe. D'ailleurs, une addition d'eau même de 50 %, ne fait pas monter le rendement à beaucoup plus de 85 % du jus de la pulpe, résultat presque compensé par les dépenses qui dérivent de cette augmentation de volume dans les jus. Il est clair en effet que plus on ajoute d'eau, plus on en a à évaporer, en même temps que les appareils, devant être plus grands, exigent un accroissement notable dans le capital de l'usine.

Ce serait donc pour le fabricant un progrès très-réel, si l'on pouvait trouver un procédé fournissant un rendement plus fort, et à moins de frais, toutes choses égales d'ailleurs. J'ai

longtemps cherché à resoudre ce problème, et il peut être utile de consigner dans le présent chapitre les résultats auxquels m'ont amené des études persévérantes et des recherches continues.

Le procédé que j'ai pu réaliser pratiquement et qui donne la totalité du jus, consiste essentiellement en une double opération. La pulpe est soumise d'abord à une pression préparatoire à l'aide des presses ordinaires.[1] Cette première action dispose les cellules a abandonner ensuite presque instantanément le jus qu'elles renferment. La pulpe est ensuite introduite dans des appareils qui opèrent le déplacement direct du jus. On voit que l'appareil nouveau auquel j'ai donné le nom de presse-filtrante ne reçoit la pulpe que déjà privée de la majeure partie de son jus à l'aide des presses hydrauliques. Les motifs qui m'ont amené à décomposer ainsi le travail sont les suivants:

Les presses hydrauliques sont employées dans toutes les fabriques; tous les ouvriers sont familiarisés avec leur service. En les utilisant comme je le propose, le fabricant n'a donc pas à mettre au rebut son ancien matériel. Il lui suffit d'y ajouter un appareil assez peu coûteux pour obtenir un épuisement complet de la pulpe et un rendement toujours certain.

Mais les tourteaux de pulpe qui sortent des presses doivent, avant de passer à la presse filtrante, être désagrégés de nouveau et réduits en parties aussi fines que possible. Il est essentiel que cette division soit très-parfaite et poussée à la limite extrême, aussi, j'emploie pour ce travail, au lieu d'une râpe ordinaire, une machine spéciale dont on trouvera la description plus loin.

Il est du reste facile de comprendre l'importance de cette division des tourteaux; plus elle est poussée loin, mieux l'eau agit sur toutes les cellules, mieux elle déplace le jus, plus

---

1) Nous avons vu, Chapitre V, que cette première pression pouvait être donnée d'une façon beaucoup plus avantageuse au moyen des presses continues à rouleaux.

enfin l'opération est rapide. Or, comme on le sait, dans tous les procédés d'extraction du jus, le temps nécessaire est un élément capital. Ainsi, d'après Siemens,[1] lorsqu'on analyse le jus retenu par la pulpe turbinée, on trouve qu'il marque, immédiatement après le turbinage, 2°,14 au polarimètre. Un deuxième échantillon prélevé sur les mêmes résidus marque 3°,41 après trois heures et un autre essai, 18 heures après l'opération, indique dans le jus 4°,24 % de sucre. Ces chiffres suffisent pour faire comprendre comment la durée de l'extraction du sucre exige d'antant moins de temps que la pulpe est mieux préparée.

Nous avons d'ailleurs signalé déjà à diverses reprises cette influence du temps sur le rendement, et c'est d'après ce fait que nous avions dû conclure à l'insuffisance des essais polarimètriques sur les résidus du travail, pour en indiquer la valeur. Dans ces analyses, le liquide n'emprunte jamais à la pulpe qu'une partie du sucre qu'elle renferme.

Avant de décrire le mode de division adopté pour le second râpage de la pulpe, et sans suivre la succession logique du travail, il convient d'indiquer dès maintenant le dispositif de la presse-filtrante ou vase à bascule, car c'est en réalité l'appareil essentiel du procédé d'extraction que je propose. Cherchant à utiliser l'action directe de l'eau sur la pulpe, je devais, dans la construction de mon appareil, rendre cette action aussi efficace que possible, et je pense y être heureusement arrivé, car non seulement l'extraction du jus est à très-peu près complète, mais encore les jus qu'on recueille sont relativement très-purs. L'appareil lui-même est simple, d'un maniement et d'un nettoyage faciles; enfin il n'exige que des frais d'entretien très-faibles. Sa disposition est indiquée dans les figures 74, 75 et 76.

Le récipient repose par des tourillons *b* sur des supports en fonte *a*. Il peut ainsi tourner autour de son axe et se vider d'une manière complète. L'un des tourillons, et au besoin tous

1) Journal de l'assoc. des fabric. allem. 1859, page 314.

les deux, pour plus de symétrie, sont creux, et munis d'un presse étoupe, de façon que l'eau peut circuler dans

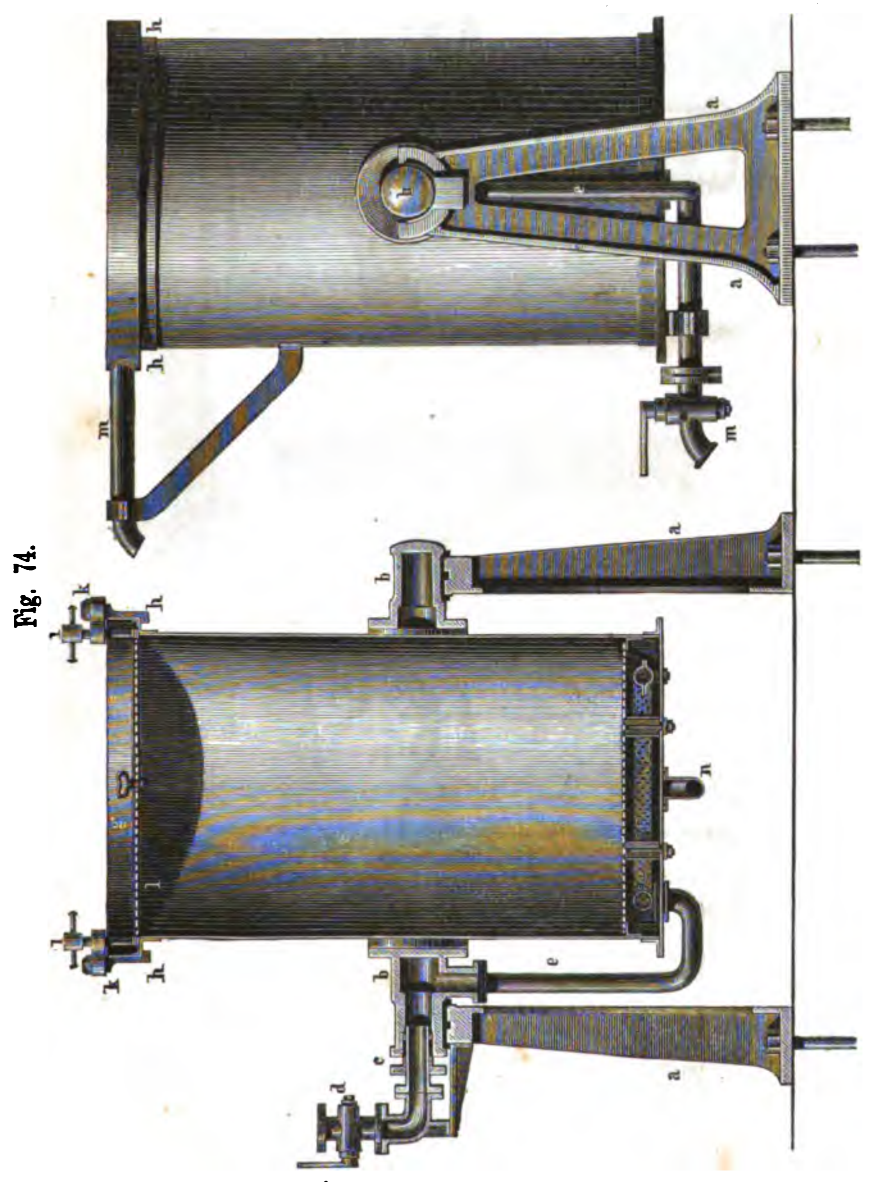


Fig. 74.

l'intérieur des axes quelle que soit la position du récipient. Un robinet *d* permet de régler l'arrivée de l'eau fournie par un réservoir placé au dessus de l'appareil (en *x*, par exemple,

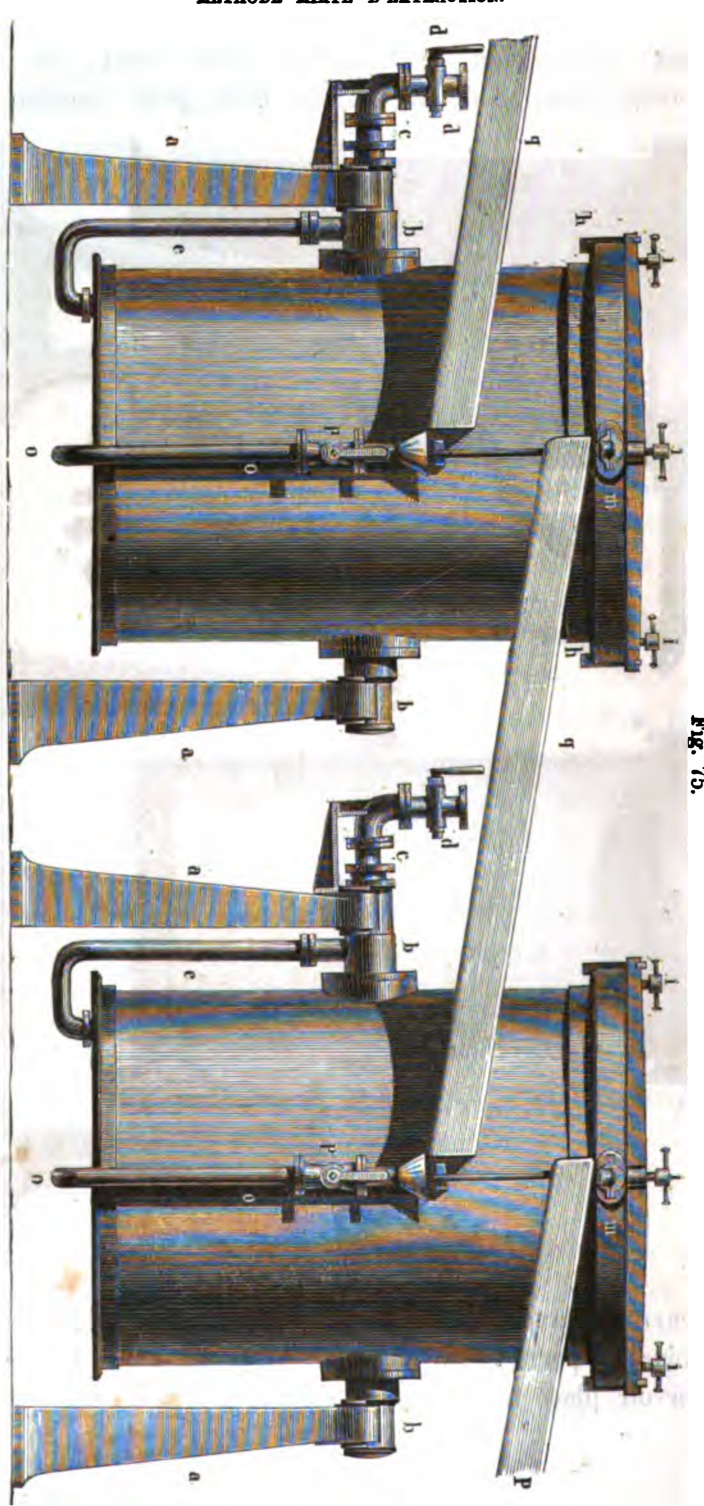


Fig. 75.

figure 76). La hauteur de ce réservoir au dessus de la presse-filtrante peut d'ailleurs varier de 1 à 10^{m} sans que l'effet soit notablement modifié. L'eau introduite par le tourillon creux

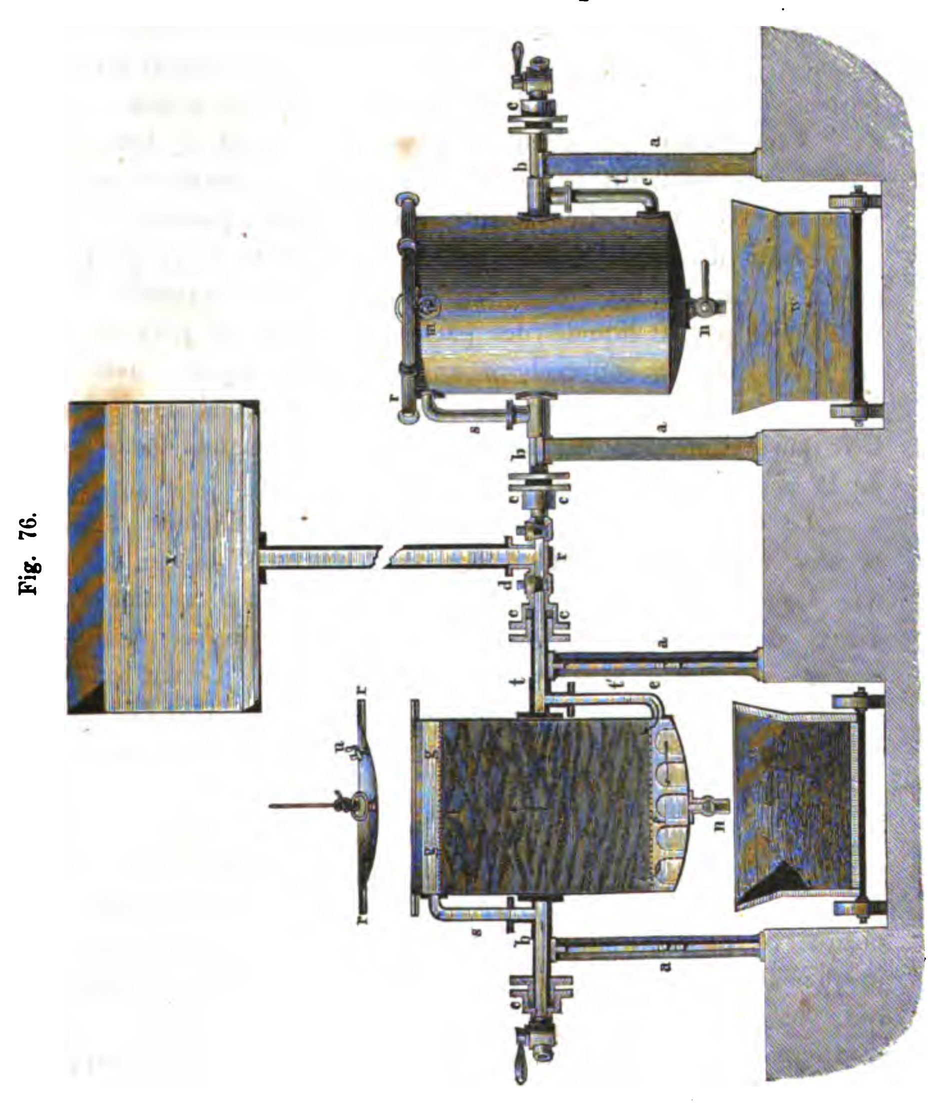


Fig. 76.

passe par le tuyau coudé *e* dans un serpentin percé de trous, d'où elle débouche sous le double fond à claire-voie *f*. Là, son niveau s'élève d'une manière lente et uniforme. On pourrait d'ailleurs supprimer le serpentin, en établissant le double

fond immédiatement au dessus de l'orifice du tuyau *e*. L'eau vient frapper alors directement le fond du récipient, et se répartit par là même avec une uniformité suffisante. En *g* est un couvercle percé de trous formant diaphragme et muni d'une poignée. Ce couvercle repose à l'intérieur du récipient sur des portées circulaires *h* où il est maintenu par des écrous à vis *i i*. Pour éviter que l'eau ne passe directement le long des parois, on assujettit le double fond sur une cornière pleine rivée au récipient. Les colliers dans lesquels passent les vis *i i* peuvent d'ailleurs tourner autour des boulons *k*, ce qui permet de retirer facilement le couvercle *g*. Pour empêcher l'entrainement par le liquide des parties de pulpe les plus tenues, on place sous le couvercle *g* une toile métallique *l*, dont les mailles ont le même écartement que pour les turbines. Cette toile porte librement sur la pulpe et rien n'est plus facile que de la nettoyer après chaque opération.

Le tuyau à robinet *n* sert, une fois le jus déplacé, à faire écouler rapidement l'eau; il est donc essentiel de lui donner une large section, de manière à réduire à son minimum la durée du travail. A la partie supérieure du récipient est ménagé un tuyau *m* d'écoulement pour le jus. Lorsqu'au lieu d'opérer avec des presses-filtrantes ouvertes, on travaille avec des appareils fermés, comme dans la figure 75, le tuyau *m* doit être muni d'un robinet.

Si l'on veut, comme nous l'expliquerons plus loin, réduire la quantité d'eau ajoutée au jus, et par suite travailler dans les conditions les plus économiques, on adapte au fond de chaque récipient un tuyau recourbé *o*, qui remonte à l'extérieur jusqu'à la moitié ou aux deux tiers de la hauteur de l'appareil, et porte un robinet *p*, surmonté d'un entonnoir. Une gouttière mobile *q* amène en *p* les jus sortant en *m* de l'appareil précédent, au moment où ces jus commencent à n'avoir plus qu'un degré trop faible. Les jus arrivant ainsi à la partie inférieure du second récipient se concentrent en passant sur la pulpe fraiche, et sortent par le haut à un degré de concentration suffisant pour qu'on puisse les travailler utilement.

Cette modification très-simple a été installée sur mes conseils à la fabrique de Nabutoff, où elle a été reconnue très-pratique et a permis de ne pas augmenter le nombre des presses-filtrantes.

Le travail avec des presses-filtrantes fermées est toujours préférable à l'emploi d'appareils ouverts, mais il exige alors plus d'attention, car on n'a plus sous les yeux, comme dans ces perniers, tous les phénomènes de l'épuisement. La figure 76 représente le dispositif qu'on adopte pour le travail sous pression. Les mêmes lettres indiquent les mêmes parties que dans les clichés précédents. La manipulation en vases fermés ne diffère de l'autre qu'à partir du moment où les jus qui sortent en *m* sont à un degré trop faible pour être directement utilisables. Supposons qu'au début, le jus marque 8° Baumé. De minute en minute le degré à la sortie de l'appareil baissera. Dès que la densité tombe à 4 ou 5°, on ferme le robinet *m*, on pose le couvercle *v* à joint étanche ce qui ne présente aucune difficulté en égard à la faible pression; le jus moins concentré s'écoule alors par le tuyau *s* puis par le 2e tourillon creux, et enfin arrive par le tuyau *tt'* dans l'appareil suivant. Le robinet placé sur le couvercle *v* sert à l'échappement de l'air qui s'accumule dans les appareils. Le robinet *o* permet de vider complètement le tuyau *s* à la fin de l'opération. Sous chaque appareil se trouve un bac roulant *w* destiné à recevoir les résidus de pulpe à la fin de l'opération et après écoulement de l'eau. Il suffit d'ailleurs, pour vider la presse-filtrante, de lui imprimer un mouvement de bascule.

L'idée de retirer le jus de la betterave au moyen des presses-filtrantes avait déjà été indiquée par Baudrimont. Les recherches de cet observateur, qui n'ont porté que sur des cossettes fraiches et non sur la pulpe préalablement pressée, sont décrites dans l'ouvrage de Basset, (Guide pratique du fabricant de sucre). On trouve dans ce chapitre l'opinion même de Baudrimont sur son procédé: “Je me suis servi, dit-il, de presses-filtrantes analogues à celles du Comte Réal; cet appareil permet d'opérer à la fois le lavage de la pulpe et la

filtration au moyen de la pression directe de l'eau. Il est clair qu'une pareille installation permet d'effectuer la macération dans les conditions les plus avantageuses."

Les expressions qui viennent d'être citées me conduisirent à mettre en pratique l'idée que je poursuivais depuis longtemps, de retirer par la pression directe de l'eau les jus que retiennent les pulpes pressées, et je fus amené à me servir pour cette opération des mêmes appareils que Baudrimont.

Dès le mois de Décembre 1860, j'arrêtai les plans d'ensemble qui précèdent et je les envoyai à Weigley de Manchester chargé de leur exécution.

M. Weigley vint me voir en Février 1861, époque à laquelle je m'entendis complètement avec lui, et lui communiquai les derniers détails. Le 27 Août de la même année, il m'adressa les dessins complètement terminés avec les calculs et le devis. Les plans, portant comme titre "Appareil hydraulique pour lavage des betteraves après pression préalable," furent déposés conformément à la loi, pour faire foi contre toute revendication de priorité.

Abordons maintenant l'étude de la machine employée pour diviser les gateaux de pulpe. Cet appareil a été construit par MM. Pichon et Mougoux et rappelle par sa disposition le *loup* employé dans les filatures de laine. Mon attention avait été appelée sur ces machines par un rapport en date du 8 Janvier 1812, lu par Derosne à la société d'encouragement de Paris, et rappelé dans le Guide pratique du fabricant de sucre. Derosne s'exprimait ainsi: "Je considère cette machine comme la plus parfaite de celles qui ont été contruites jusqu'à ce jour dans le même but; elle réunit tous leurs avantages sans présenter leurs inconvénients."

"Les matières que fournit cette machine sont amenées à un état parfait, et le triturateur ne présente pas l'inconvénient de s'obstruer.[1] Enfin, la force qu'exige cette machine est beau-

1) Ce dernier point constitue pour la pulpe un avantage précieux, eu égard au taux d'humidité très-variable que peuvent retenir les résidus, et cette circonstance seule m'aurait déterminé à adopter cette machine.

coup moins grande pour le même travail qu'avec les autres dispositifs."

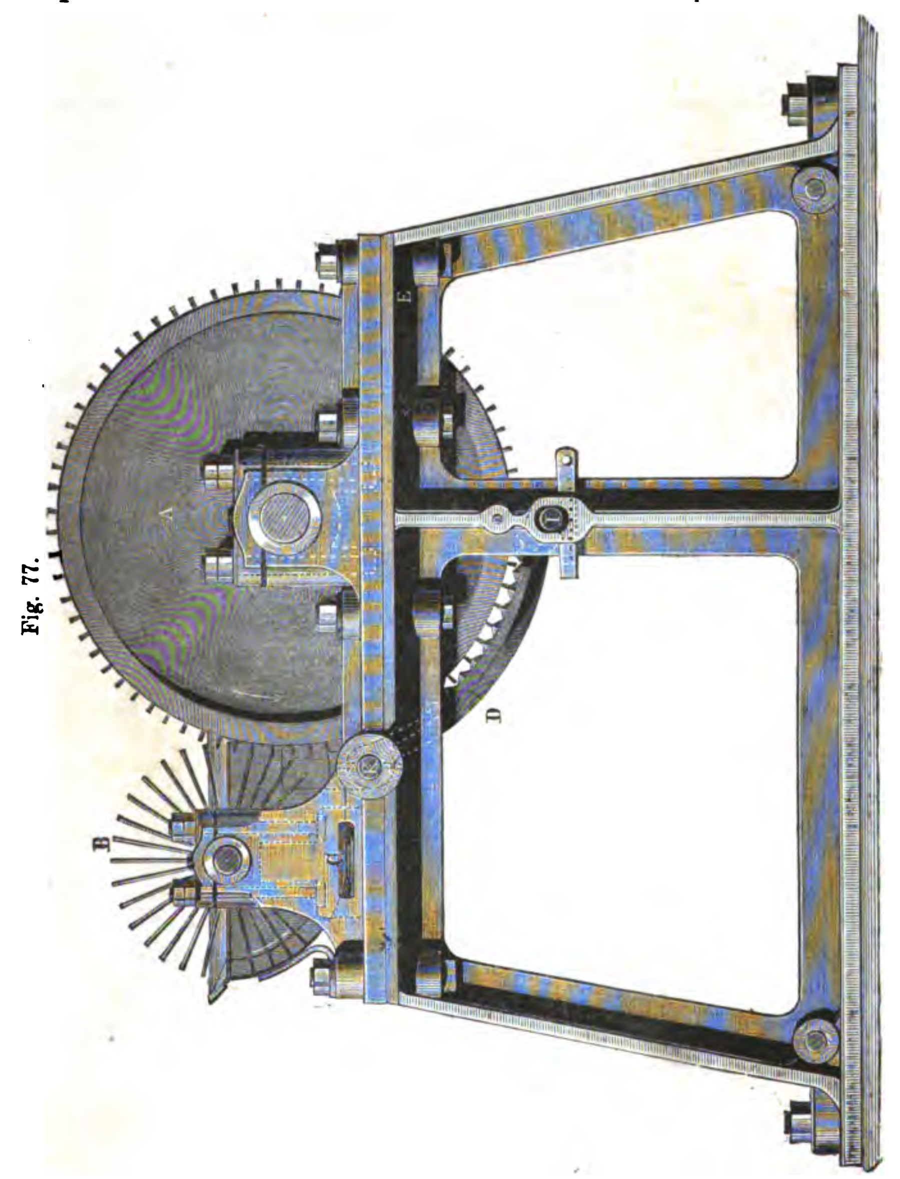


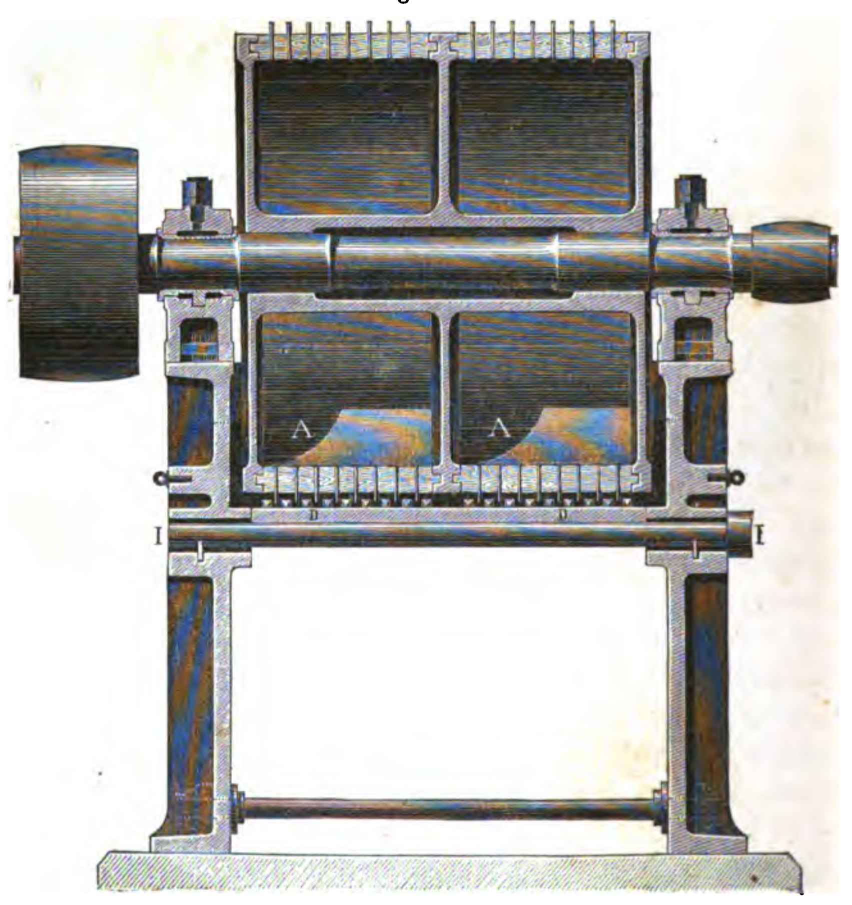
Fig. 77.

On voit que cette machine devait présenter sur les autres systèmes de râpe des avantages très-réels et l'expérience a pleinement confirmé ces prévisions.

Les figures 77 et 78 représentent la machine à diviser la pulpe, avec les perfectionnements que j'y ai apportés et sous la forme où elle est employée aujourd'hui.

A est ce qu'on appelle le loup; c'est un tambour en bois hérisé de clous ou de pointes en fer, qui tourne dans le sens

Fig. 78.



de la flèche; *B* est un rouleau muni de longs bras en forme de lames, qui tourne dans le sens de la seconde flèche et alimente le loup. L'ouverture à glissière *C* permet d'écarter et de retirer, même en marche, les pierres, les clous ou autres corps étrangers qui pourraient se trouver dans la pulpe ou tomber accidentellement dans l'appareil. En *D* sont figurées

des saillies en fer en forme de dent placées à l'avant du tambour *A*. Ces saillies sont disposées de telle façon que les dents du tambour passent dans l'intervalle des vides qu'elles laissent. Dans ces conditions, la division atteint jusqu'aux plus petites parcelles de pulpe. Une enveloppe solidaire des bâtis empêche les projections de pulpe dans le travail, et permet de maintenir toujours l'appareil dans l'état de propreté nécessaire.

Le travail de la machine elle-même est facile à comprendre. Les gâteaux de pulpe fournis par la presse sont introduits en *B*. Le rouleau *B* commence à diviser les plus gros morceaux, et conduit toute la masse au tambour *A* qui la divise complètement dans son passage entre les saillies *D*.

Pour compléter ce qui regarde la disposition de l'appareil en dehors de l'alimentation, je signalerai un perfectionnement que j'y ai introduit et dont j'ai emprunté l'idée aux figures de la Chimie de Muspratt. Je fais construire la pièce *D* entièrement en fer au lieu d'employer du bois comme on le faisait autrefois. Dans l'ancien système de construction, on disposait les lames de tôle découpées entre des tasseaux en bois comme pour les râpes ordinaires. Il en résultait que des parcelles de pulpe venaient se loger dans les interstices des assemblages, y aigrissaient avec le temps et communiquaient ensuite la même altération à la pulpe fraiche. Pour remédier à cet inconvénient, on était obligé, toutes les six heures, d'enlever le tambour *A'* pour nettoyer le fond des rainures, ce qui exigeait un temps considérable sans mettre à l'abri de toute chance d'accident. En faisant les pièces *D* entièrement métalliques, on remédie complètement à ce défaut. En outre, en retirant le boulon *l*, on peut faire tourner toute la contre-râpe *D* autour de l'axe *k* et procéder alors à un nettoyage complet qui n'offre plus de difficultés.

Les lames du cylindre distributeur *D* sont disposées en hélice, de sorte que l'alimentation du tambour *A* est continue et qu'une petite partie de gâteau, déjà réduite ou pour mieux dire découpée en *B*, est toujours en prise sur une partie ou sur l'autre du loup.

La marche de la machine est, comme on le voit, continue, et si on a la précaution de n'alimenter de pulpe que peu à peu et par fractions, le râpage n'exige qu'une force très-faible.

Déjà, en 1862, ce perfectionnement assez important figurait dans mon brevet, et, l'année suivante, en 1863, j'installais à la fabrique de Nabutoff la première machine à désagréger construite avec les modifications qui viennent d'être décrites.

Dans les premières machines, construites avant ces perfectionnements, l'alimentation se faisait d'une manière discontinue: les bras du distributeur étaient disposés le long d'une génératrice et poussaient le gâteau en une seule fois sous le tambour. Il en résultait qu'au moment où la pulpe arrivait, le tambour devait travailler sur toute sa largeur à la fois. Il fallait donc développer un effort considérable, tandis que dans la période suivante, les bras du distributeur revenant en arrière, le tambour ne travaillait plus du tout; par conséquent, la moitié du temps était inutilisée, en même temps que les questions de rendement et de solidité devenaient plus complexes. Les mêmes raisons imposaient la nécessité de donner au cylindre une vitesse très-considérable, de 1000 à 1200 tours, pour obtenir une quantité de travail convenable. Enfin, pendant le mouvement du distributeur ou des poussoirs vers le tambour, une partie de la pulpe était projetée de tous côtés; souvent les gâteaux échappaient à l'action du tambour et il fallait un ouvrier spécial pour surveiller cette partie de l'alimentation. Tous ces défauts ont été soigneusement évités dans la machine perfectionnée. L'appareil travaille avec une grande régularité et fait de 450 à 600 tours par minute. A cette vitesse, la quantité de travail produite est la même que dans les anciennes machines où la vitesse variait de 1000 à 1300 tours. Avec une mise en œuvre journalière de 50,000 k^os^ de betteraves, il faut d'après mes essais, pour le râpage de la pulpe pressée, une force d'un cheval et demi. On voit que, pour un travail aussi faible, l'appareil peut être construit très-solidement et qu'il ne doit exiger qu'une dépense d'entretien très-modérée. Les coussinets eux-

mêmes qui portent le tambour principal ne s'usent que très-peu, car je connais des machines où ces coussinets n'ont pas été changés au bout de deux campagnes.

La disposition des appareils et le principe de leur construction exposés, il nous reste à examiner dans leur ensemble les travaux que comporte leur service.

Au sortir des sacs ou des serviettes de pression, les gâteaux de pulpe sont immédiatement introduits en *B*, où les bras du distributeur les saisissent pour les amener au tambour *A*. Il est bon de disposer au dessus du cylindre *B* une trémie dans laquelle on vide directement les sacs. Si cette petite installation présentait quelque inconvénient, il conviendrait au moins de recouvrir de tôle l'emplacement où l'on vide les sacs, car, sur un simple plancher en bois, la pulpe a tendance à tourner à l'acide. Alors même que le plancher est recouvert de tôle, on doit se hâter d'introduire la pulpe dans l'appareil et veiller à ce que cette matière ne reste pas accumulée trop longtemps, car la moindre acidité exerce sur les jus une influence nuisible, et il est de principe de réduire toujours au minimum l'intervalle de temps compris entre le râpage des racines et la production complète du jus. Aussi convient-il dans le même but de recommander l'emploi des presses à rouleaux qui réduisent le temps de la pression. La pulpe au sortir du tambour est reçue dans des seaux en tôle légers, et portée dans les presses-filtrantes. On doit d'ailleurs avoir soin de ne jamais tasser la pulpe dans les appareils à déplacement. Plus la pulpe est divisée, plus le déplacement du jus s'effectue avec rapidité et certitude, car, dans ces conditions, chaque particule de pulpe est en contact intime et sans obstacle avec la masse de l'eau. Dans une grande usine où l'on met en œuvre 150,000 k^{os} de betteraves par jour, il faut 5 hommes pour le chargement des presses-filtrantes. Toutefois, on peut réduire à deux le nombre des ouvriers nécessaires pour ce service, si la râpe est installée à un niveau supérieur et au dessus des presses-filtrantes, de façon que la pulpe râpée tombe directement dans des charriots. Ces derniers, roulant sur des rails,

peuvent être facilement amenés à la main au dessus de chaque presse-filtrante et leur contenu se déverse sans difficulté dans les appareils à déplacement ci-après.

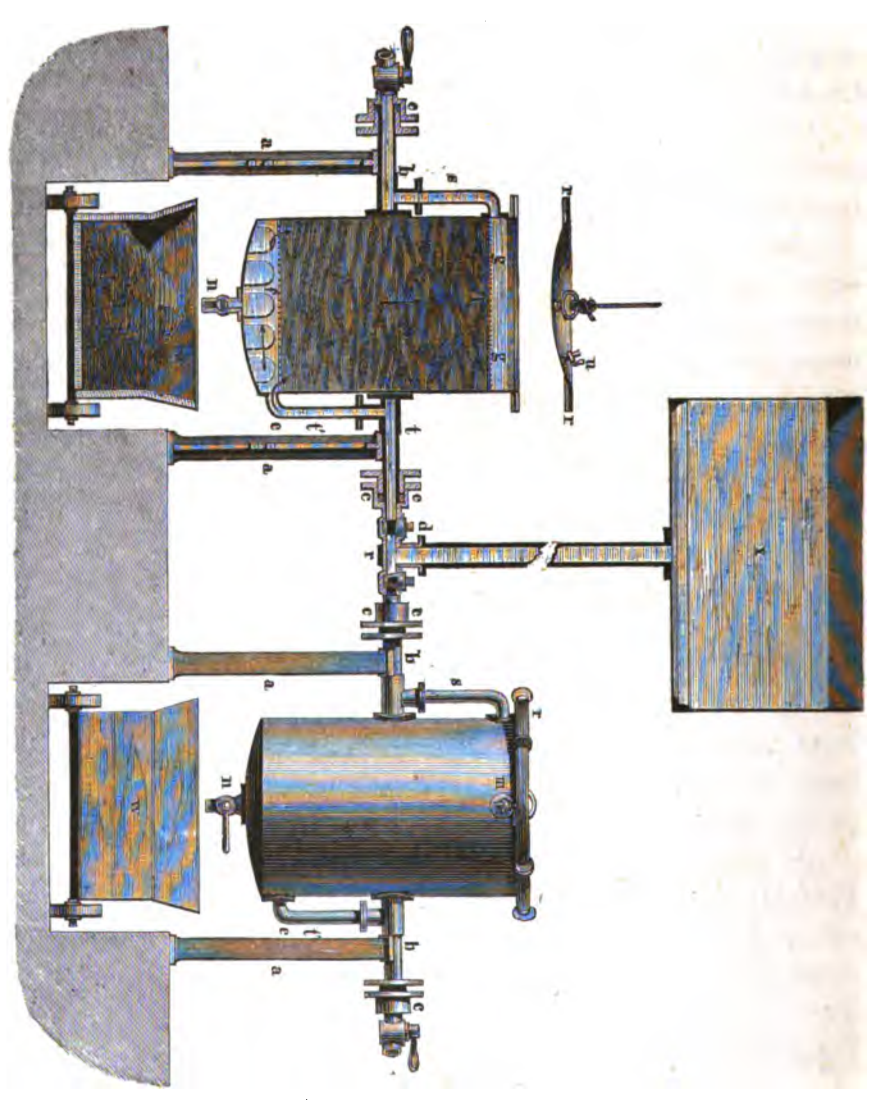


Fig. 79.

Chacune des presses-filtrantes ne doit être chargée de pulpe que jusqu'à une certaine hauteur, variable suivant l'accroissement de volume que prend la pulpe en contact avec l'eau. L'expérience indique que la pulpe provenant de betteraves

saines et de bonne qualité gonfle moins que celle des betteraves de mauvaise nature. Si les betteraves qu'on travaille sont mauvaises ou flétries,[1] on doit laisser au dessus de la pulpe un vide de 10 à 15 centimètres au moins. Sans cette précaution, la masse, se gonflant outre mesure, rendrait plus difficiles la circulation de l'eau et l'écoulement du jus. Du reste, chaque fabricant peut trouver sans peine, en y faisant un peu attention, la hauteur la plus convenable pour les différentes qualités de betteraves.

Les presses-filtrantes une fois remplies, on dispose au dessus de la pulpe la toile métallique *l* à mailles convenablement serrées, et on assujettit solidement le couvercle *g*. On ouvre alors le robinet *d*, de façon que l'eau mette 15 ou 20 minutes à remplir la capacité du récipient. L'eau arrive par le bas, et son niveau s'élevant successivement, elle déplace le jus en se mélangeant plus ou moins avec lui. Le liquide arrive ainsi jusqu'en *m* et s'écoule à peu-près avec la densité normale. Il n'est pas aussi difficile qu'on pourrait le croire à première vue, de régler ce robinet *d*, de façon à ce que le jus mette un temps donné pour arriver sous l'action de l'eau jusqu'au niveau *m*. L'ouvrier acquiert très-rapidement l'habitude de trouver la position convenable du robinet et de régler à volonté la durée de l'opération. Comme la pulpe est plus légère que l'eau, toute la masse se soulève avec la toile métallique *l* jusqu'au couvercle *g*, mais le grillage métallique ne laissant passer aucune parcelle de pulpe, le jus subit une véritable filtration et coule en *m* parfaitement clair et débarrassé de toute matière solide.

Le temps nécessaire pour l'épuisement complet de la pulpe dépend évidemment de la vitesse que prend l'eau dans la masse solide. En général, cette partie de l'opération dure 20 minutes. On est d'ailleurs averti du moment où tout le jus est déplacé par l'indication de l'aréomètre de Baumé, qui doit marquer

---

1) Cette altération même provient sans doute de ce que les betteraves contiennent alors un excès de pectine, c'est-à-dire que leur ligneux a plus de tendance à absorber l'eau.

0° dans le liquide sortant de l'appareil. Lorsque ce point est atteint, ou si l'on veut arrêter l'opération à 1 ou 2° Baumé, on ferme le robinet *d* d'arrivée d'eau, et on ouvre le robinet de vidange *n*. Si ce dernier a une section suffisante, l'eau s'écoule très-rapidement. On peut, d'ailleurs, accélerer cette sortie de liquide en s'aidant d'une pompe aspirante. Une fois l'eau enlevée, on desserre les vis *i i*, on fait tourner leurs écrous autour des charnières *k*, on enlève le couvercle *g* et la toile métallique *l*, puis on fait basculer tout l'appareil autour de ses tourillons, de façon à faire tomber la pulpe épuisée, soit sur le sol, soit sur des charriots qui la transportent plus loin. On ouvre alors le robinet *d*, on nettoie le cylindre, et, après l'avoir ramené dans sa position normale, on peut s'en servir pour une nouvelle opération. Toutes ces manipulations s'exécutent dans la pratique sans difficultés et avec la plus grande précision.

Le diamètre des presses-filtrantes ne saurait être pris au hasard, car, d'après mes observations, pour de grands diamètres, la vitesse ascensionnelle de l'eau n'est pas la même en tous les points de la section. Ce fait prouve que, si bien divisée qu'elle soit, la pulpe n'offre pas partout la même résistance à la circulation de l'eau. Ainsi, avec des cylindres à large diamètre, j'ai toujours remarqué que le déplacement du jus ne se faisait presque pas dans la partie des couches supérieures éloignée du tuyau de sortie. Il se produit en effet là un phénomène que l'on exprime souvent en disant que l'eau se cherche un chemin. Dans le cas particulier, elle tend à aller directement au robinet de sortie. Ce fait explique d'ailleurs en même temps l'importance d'éviter les tassements de la pulpe quand on charge les cylindres.

Il est bon de ne pas donner aux presses-filtrantes plus de 0^m,70 de diamètre. Jusqu'à ces dimensions, le travail se fait bien et régulièrement sans qu'on ait à redouter aucun des inconvénients signalés plus haut. On peut d'ailleurs, avec un appareil de ce diamètre, travailler facilement en 24 heures la pulpe provenant de 8,000 k^{os} de betteraves; par conséquent,

une usine qui mettrait en œuvre 50,000 k^os^ par 24 heures aurait besoin de six presses-filtrantes environ.

Le réservoir d'eau qui alimente les appareils peut être placé à 4 ou 5 mètres au dessus d'eux. C'est cette hauteur que la pratique m'a indiquée comme la plus convenable. Néanmoins, il n'y a aucun inconvénient à ce que le réservoir soit placé à un niveau plus élevé, 10 et 12 mètres par exemple, à la condition de régler convenablement l'ouverture du robinet *m*. La température de l'eau doit être la même que celle de l'air ambiant, c'est-à-dire de 15 à 18° environ. Si l'on était forcé, pendant l'hiver, de réchauffer cette eau, il conviendrait de ne pas dépasser pour ce liquide une température de plus de 28 ou 30°.

J'ai fait différents essais pour déterminer les proportions dans lesquelles l'eau et le jus se mélangent dans les différentes périodes de l'extraction. Dans une opération lentement conduite, et portant sur 257 k^os^ de pulpe, j'ai trouvé les résultats suivants:

Numéros des essais.	Jus normal 13°,5 Balling (7°,5 Baumé).							
	Période de l'opération.	Jus déplacé		Composition		Sur 100 k^os^ de betteraves Taux %		Degré Baumé du liquide déplacé.
	Minutes.	Poids k^os^	Degrés Balling.	Jus à 13°,5 Balling. k^os^	Eau k^os^	de jus.	d'eau.	
1	1 à 5	40	12,6	37,5	2,5	3	0,20	7
2	5 à 10	40	8,5	34,0	6,0	2,70	0,50	4
3	10 à 15	40	5,0	16,0	24,0	1,25	2,70	3 [1]
4	15 à 20	40	3,0	9,0	31,0	0,75	2,75	1
5	20 à 25	40	2,0	6,0	34,0	0,48	2,80	1
6	25 à 30	40	0,9	3,0	37,0	0,29	3,00	0,5
		240		105,5	134,5	8,47	11,95	

Or, la première pression donnée a la pulpe avait produit 84 % de jus. Comme à la presse-filtrante on retire encore

1) 6,75 de jus, 3,4 % d'eau.

8,47 de jus, on voit que le rendement total s'élève à 92,47 % k^os de betteraves.

Il est facile de voir, en se reportant aux chiffres du tableau qui précède, que, pendant les 5 premières minutes et même pendant les 5 minutes suivantes, la proportion d'eau qui s'ajoute au jus est très-faible, puisque, pour 5,7 de jus déplacé par 100 k^os de betteraves on n'ajoute que 0,7 % d'eau, c'est-à-dire moins de 3/4 pour 100. C'est un résultat très-satisfaisant. Si l'opération est encore prolongée pendant 5 minutes, c'est-à-dire si elle dure 15 minutes, on trouve encore des chiffres admissibles, puisque pour 6,95 de jus on ne fait passer que 3,4 % d'eau dans la masse; or, cette proportion d'eau est complètement insignifiante, si l'on effectue l'évaporation dans des conditions convenables. Si on continue à prolonger l'opération au delà de 15 minutes, le rapport entre les proportions de jus et d'eau devient beaucoup plus défavorable et l'accroissement de rendement ne saurait compenser la dépense d'évaporation. Il semble donc qu'on doive arrêter l'opération directe de déplacement dès que le liquide déplacé ne marque plus que 3° Baumé, et dans ce cas on utilise le restant du jus de la manière suivante:

Au moment où le degré tombe à 3° Baumé, on amène la rigole *q* (fig. 54) sous le tuyau d'écoulement *m*. Le liquide affaibli tombe dans l'entonnoir *p* et de là, par le tuyau *o*, passe sous le double fond *f*. On se sert donc de ce liquide pour déplacer le jus concentré et on continue ainsi jusqu'au moment où le jus sortant du premier appareil ne marque plus que 0°,5. On ferme alors le robinet *p*, et on laisse écouler le liquide qui reste dans le premier cylindre, dont on considère la pulpe comme épuisée. On achève alors le déplacement dans le second récipient en y faisant arriver directement l'eau du réservoir. On procède de la même manière pour l'appareil suivant. On forme ainsi un circuit continu qu'on n'interrompt qu'au moment des changements de poste. — Il est à peine besoin de faire ressortir tous les avantages de ce mode de travail. Comme le prouvent les chiffres cités plus haut, l'extraction du jus est à peu près complète, tandis que la proportion d'eau dont il est impos-

sible d'éviter le passage dans les jus est assez faible pour qu'on puisse négliger d'en tenir compte, même dans les pays où le combustible est le plus coûteux.

La quantité de jus à densité normale que l'on retire de la pulpe avec les presses-filtrantes est très-variable, car elle dépend de la proportion déjà enlevé par la première pression à l'aide des presses hydrauliques. On voit donc que plus ce premier travail aura été insuffisant et plus forte sera la quantité de jus extraite par les presses-filtrantes. J'ai réuni dans le tableau suivant les résultats constatés dans un certain nombre de fabriques :

Quantité de jus produite par 100 k^{os} de betteraves par la pression préparatoire ou toute autre méthode.	Quantité de jus à densité normale obtenue à la presse-filtrante.	Quantité normale de jus produit pour 100 k^{os} de betteraves.
84	8	92
80	11,5	91,5
70	18	88
60	24	88

Ces chiffres prouvent que le rendement total en jus est d'autant plus élevé que les résultats de la première pression sont plus avantageux, et cette conclusion était facile à prévoir.

On peut admettre qu'après une pression préparatoire peu énergique on obtient aux presses-filtrantes au moins 60 % de jus pour 100 de pulpe pressée. Si donc la presse hydraulique a fourni 68 % de jus et 32 de pulpe, ces 32 % donneront encore aux presses-filtrantes $\frac{60 \times 32}{100}$ ou 19,2 % de jus. Le rendement total sera donc de 68 + 19,2 soit 87,2 de jus. Mais, si la pression préparatoire a fourni 82 % de jus et 18 % de pulpe, les presses-filtrantes donneront encore $\frac{55 \times 18}{100}$ ou 9,9 % de jus ce qui portera le rendement total à 82 + 9,9 ou 91,9 % de jus normal. — Si la première pres-

sion a été encore mieux faite, la pulpe ne cède plus ensuite que 50 % de jus. On obtient donc, avec 84 % de jus à la première pression et 16 % de pulpe, 8 % de jus par le second travail, ce qui représente comme rendement total 84 + 8 ou 92 %. Dans la pratique, les chiffres qu'on obtient en réalité sont toujours un peu inférieurs à ceux que nous venons de citer, par suite de la perte inévitable de pulpe qui se produit. Les données précédentes ne doivent donc être prises que comme termes de comparaison entre des appareils similaires.

La construction même de l'appareil exerce une influence notable sur le rendement quantitatif de jus. Ainsi, avec des récipients de grand diamètre, c'est déjà un beau résultat que de retirer comme jus 55 % du poids de la pulpe, tandis qu'avec des récipients de moindre diamètre on arrive facilement à 60 et même 68 %.

Enfin, parmi les éléments dont on ne saurait négliger l'influence, nous devons comprendre la vitesse même avec laquelle s'effectue le déplacement du jus. Plus l'opération est lente, et, naturellement, plus l'épuisement de la pulpe est complet. Il est d'ailleurs évident que, dans la pratique, on ne peut jamais dépasser une certaine limite. Le rendement le plus favorable que j'aie jamais obtenu en grand a été de 68 %, en employant des presses-filtrantes fermées (figure 55). On se servait pour la première pression de presses de moyenne grandeur, qui donnaient 82 de jus et 18 de pulpe; sur cette dernière quantité les presses-filtrantes fournissaient donc $\frac{18 \times 68}{100}$, soit 11,56 % de jus, ce qui portait la production totale à 82 + 11,56 ou 93,56 % du poids de la betterave. Comme la racine contient en moyenne 96 % de jus, on voit que, même dans le cas le plus favorable, on laisse encore dans la pulpe 2,4 % de jus. Comme résultat moyen, on peut admettre une perte de 4 % de jus, c'est-à-dire une quantité égale au poids du ligneux de la racine. J'insiste à dessein sur ce point, car les adversaires ou les observateurs superficiels de mon procédé ont souvent prétendu que la pulpe obtenue avec ce mode de travail

n'avait plus aucune valeur pour l'engrais du bétail, parce qu'elle n'était plus susceptible de fermentation, ayant perdu tout le sucre qu'elle pouvait renfermer. Je reviendrai du reste plus loin sur cette objection.

Avant de poursuivre la description de ma méthode, je dois signaler ici une brochure publiée en français sur ce procédé d'extraction ou plutôt sur des procédés analogues. Ce factum a pour titre: *Du râpage et de la macération de la pulpe,* et a été imprimé à Kieff. On trouve dans cette brochure (p. 2, 3 et 4) la théorie suivante:

"Si on ajoute sur de la pulpe un poids d'eau égal au poids des matières solubles de cette pulpe, il s'établit presque immédiatement un équilibre de densité; la pulpe absorbe de l'eau et, en même temps, celle-ci se charge des matières solubles qu'elle rencontre. Il en résulte que, si le jus de la pulpe a au début une densité normale de 10° Baumé, par exemple, le mélange d'eau et de jus ne marquera plus que 5°. Si donc on enlève à la betterave râpée par une première opération 80 % de jus, il reste 20 % de résidu dont 15 d'éléments solubles et 5 insolubles. Par suite, si l'on veut opérer à poids égaux et obtenir des jus à un degré moitié moindre que le degré normal, il faut commencer par défalquer sur le poids de la pulpe ¼ pour les matières insolubles. On ne devra donc compter, sur 68 kos de pulpe, que les ¾, soit 51 kos de jus."

"Si donc on opère avec 4 appareils contenant chacun le même poids de pulpe, et si l'on fait passer successivement le liquide dans les différents vases, on devra trouver dans chaque récipient, comme degré du jus, une moyenne exacte entre le degré du jus normal et celui du vase précédent. Ainsi, si pour 100 kos de pulpe, on verse dans le premier vase 75 kos d'eau, le jus normal marquant 10°, on obtiendra un mélange à 5°. Ce liquide, en passant dans le second vase, marquera $\frac{5 + 10}{2}$, soit 7°,5, et ainsi de suite; les degrés successifs du liquide seront donc:

Dans le 1er récipient $\frac{10^\circ + 0^\circ}{2} = 5^\circ$ Baumé

- - 2e - $\frac{10^\circ + 5^\circ}{2} = 7^\circ,5$ -

- - 3e - $\frac{10^\circ + 7^\circ,5}{2} = 8^\circ,75$ -

- - 4e - $\frac{10^\circ + 8^\circ,75}{2} = 9^\circ,37$ -

"Il est facile, avec ces chiffres, de déterminer comment varie le degré, dans les différentes cuves d'une batterie ou dans une même cuve, pendant la circulation de l'eau. On peut, pour ce dernier calcul, diviser la charge en une série de couches horizontales superposées, pour chacune desquelles on peut appliquer la théorie précédente."

Pour quiconque est au courant de l'histoire des méthodes dans la fabrication du sucre, il est facile de reconnaître que cette théorie de l'échange des densités a été formulée, il y a déjà longtemps, pour les betteraves fraiches, à une époque où la fabrication était encore dans l'enfance. J'ai déjà signalé précédemment combien cette théorie est trompeuse en rapprochant les résultats de la pratique des chiffres indiqués par cette théorie. Or, si cette discordance existe pour des cossettes fraiches, elle est, à fortiori, inadmissible pour le travail de la pulpe déjà pressée.

D'après la théorie indiquée dans cette brochure, en opérant sur de la pulpe fraiche, le liquide sortant d'une cuve devrait marquer comme degré la moitié du degré initial. Il faudrait donc, pour produire des jus à peu-près au degré normal, une batterie de 10 à 12 cuves environ. Or, les choses se passent tout autrement dans mon procédé, où les jus sortent de chaque presse-filtrante à la partie supérieure avec leur densité normale. Il arrive même souvent qu'ils accusent une densité plus forte que le jus de la betterave fraiche. Ce résultat, paradoxal à première vue, s'explique d'ailleurs par la dessiccation qu'éprouve la pulpe au moment où elle se râpe. Il se

produit, sous l'influence du courant d'air, et pour peu que la température soit un peu élevée, une sorte de dessiccation de la pulpe très-divisée, par suite, une concentration du jus qu'elle renferme. La pulpe se comporte dans mon procédé comme les cossettes desséchées à la macération. Ces matières abandonnent très-facilement leur sucre. La cause en est due à ce que la pression expulse les gaz qui empêchent l'eau d'arriver à toutes les particules de la masse. D'autre part, le travail auquel est soumise la pulpe, notamment la forte pression qu'elle subit, divise, brise ou déchire les cellules; il s'opère une désagrégation que complète le râpage et qui assure l'entière action de l'eau. Lorsqu'ensuite la circulation du liquide s'établit, le jus sucré mis en liberté se trouve pressé par l'eau et déplacé en vertu d'une action purement mécanique. L'effet de dyalise ne vient qu'en seconde ligne et n'a qu'un effet beaucoup moindre. C'est ce qui explique comment les premiers liquides que l'on recueille ont la densité normale du jus.

Il est d'ailleurs facite de se convaincre par un essai direct que les choses se passent bien ainsi que nous venons de l'indiquer. Si on place dans une presse-filtrante de la pulpe fraîche non pressée, et telle qu'elle sort de la râpe, si on cherche à épuiser cette pulpe en la soumettant au même mode de lavage, sous la même charge d'eau, le résultat est tout autre. Si la pulpe est râpée très-fin, elle se tasse, il ne se produit aucun effet; si elle est plus grosse, l'eau passe au travers et sorte en ne marquant que 3 ou 4°, chiffre de beaucoup inférieur à la densité normale de 8 ou 9° que devrait marquer le jus. Cette expérience prouve péremptoirement qu'une pression préparatoire enlevant au moins 67% de jus est la condition essentielle du procédé que nous venons de décrire. Il importe absolument que le tissu cellulaire soit déjà amené par une première opération dans un état de désorganisation convenable.

Il est incontestable que les manipulations avec la presse-filtrante donnent de meilleurs rendements que la macération avec une petite dose d'acide, comme le proposait Dubrunfaut, ou en chauffant, soit les cossettes, soit les liquides de macération,

comme faisait Dombasle. D'un autre côté, la pression préalable est sans aucun effet nuisible. Notre méthode remplit donc à ce double point de vue les conditions que l'on doit rechercher dans tout procédé d'extraction. D'autre part, comme le jus se trouve filtré par l'acte même du travail, il sort parfaitement clair, débarrassé de tout mélange avec des matières en suspension. A ce titre, la presse-filtrante peut être employée avec succès même pour d'autres modes de travail. Ainsi, j'ai installé de ces appareils, en modifiant légèrement leur forme, pour une usine qui travaillait avec le système de macération de Schutzenbach. Cette addition permettait d'obtenir le jus filtré sur la pulpe même et débarrassé du ligneux qui, sans cela, crée de si sérieuses difficultés jusqu'à la défécation.

Mon procédé ayant donné dans la pratique de bons résultats, il n'a pas manqué de gens pour chercher à s'en approprier l'invention. Aussi, peut-il être utile d'indiquer ici la série des idées par lesquelles j'ai dû passer avant d'arriver à la forme définitive.

Mon attention fut d'abord éveillée par l'étude d'un ouvrage paru en 1847 sous le titre suivant: *Améliorations chimiques et mécaniques apportées dans la fabrication et le raffinage du sucre du cannes et de betteraves par Chaumé et Delabarre.* A la page 16 de cet ouvrage, se trouve le passage suivant:

"Comme nous cherchons à emprunter à la pratique nos déductions et nos enseignements, nous citerons ici le mode de travail adopté par un des fabricants de sucre les plus renommés, à Pantin."

"Les betteraves sont râpées, soumises à une pression dans des presses hydrauliques; la pulpe est ensuite lavée dans un appareil spécialement inventé à cet effet et composé d'une série de caisses cubiques, etc."

Plus loin, page 17, les auteurs ajoutent: "peut-être ce procédé exige-t-il plus de main-d'œuvre, mais néanmoins il doit être avantageux, car il continue à fonctionner chez un fabricant dont l'intelligence et l'expérience sont incontestables." Ce passage me parut à noter. J'étudiai plus à fond l'ouvrage

et fis, dès ce moment, plusieurs ébauches d'appareil. Plus tard, les travaux de Baudrimont sur la fabrication du sucre tombèrent entre mes mains, et je m'intéressai vivement à ses recherches sur l'effet de l'eau agissant directement par pression sur la pulpe fraiche. Je pris dès-lors la résolution de répéter ces essais pour mon propre compte, et, en Juillet 1856, en proposant dans le journal de l'association des fabricants allemands une méthode d'extraction analogue, je fus en mesure de différencier nettement mes essais de ceux de Baudrimont. Ce dernier cherchait en effet plutôt à agir par une faible pression d'eau que sous une charge considérable.

Dans la même revue, en 1857, pages 206 et 207, je disais:

"Je fis venir de la pulpe d'une fabrique voisine qui opérait avec des pressions lentes et soignées, et travaillait avec de fortes presses. Cette pulpe râpée une seconde fois et macérée m'a donné les résultats suivants: Sur 2625 k^os de pulpe je retirai 130 k^os de masse cuite."

Ce fut le point capital de mes recherches. J'avais acquis la preuve qu'une partie du sucre laissé dans la pulpe pouvait encore en être extraite industriellement, puisque j'avais retiré encore, en masse cuite, la valeur de 1% à peu-près du poids des betteraves. Ce point bien assuré, je continuai à chercher les moyens d'arriver au résultat voulu de la façon la plus simple. La quantité de sucre produite était, il est vrai, assez faible, mais je pouvais supposer que, pendant le transport de la pulpe d'une fabrique à l'autre, une partie du sucre s'était altérée et avait disparu; je pouvais donc admettre avec toute probabilité que, si le traitement de la pulpe se faisait immédiatement, avant que l'altération n'eût commencé, le résultat devait être beaucoup plus favorable, et comme qualité de sucre et comme poids. Mes recherches faites en Bohême en 1857/1858, sur la perte de sucre dans les diverses périodes du travail, se rattachaient intimement à mon procédé déjà presque entièrement arrêté. Les résultats auxquels j'arrivai parurent dans mon ouvrage sur la fabrication du sucre en Bohême en 1857/1858, Prague 1858.

Dans ce travail, pages 44 et 45, j'écrivais les paragraphes suivants:

"Au total, pour une betterave dont le jus renferme 11 de sucre sur 100 de jus, et qui par conséquent a une richesse saccharine de 10,45, la perte de sucre peut s'établir ainsi qu'il suit dans les différents procédés de fabrication. On perd:

à la défécation	0,42	%
mécaniquement dans les écumes	0,20	-
à l'évaporation et par le noir, etc.	0,59	-
dans les mélasses	1,166	-
Si le rendement en jus est de 87 % la perte en sucre de ce chef est de	2,75	-
Soit en tout . . .	4,651	%

"En comparant les éléments de ce total, dont les chiffres sont des données de la pratique, on voit que la perte à l'extraction est de beaucoup la plus importante, que c'est de ce côté qu'il faut porter toute l'attention, diriger les perfectionnements les plus essentiels.

"Pour réduire cette perte, le seul moyen est d'augmenter le rendement, de façon à arriver aussi près que possible du chiffre théorique, en ajoutant une quantité d'eau suffisante aux turbines, ou en donnant à la pulpe préalablement imprégnée d'eau une seconde pression. De la sorte, on obtient une macération complète. L'effet de cette macération sera d'ailleurs d'autant plus grand que la première pression aura enlevé plus de jus, et déchiré ou entrouvert une plus grande quantité de cellules. On peut d'ailleurs faciliter la pénétration de l'eau en râpant une seconde fois et divisant ainsi d'une manière plus complète la pulpe déjà pressée."

On voit que, dès ce moment, les bases de mon procédé étaient arrêtées d'une manière parfaitement nette. Je ne pouvais d'ailleurs, et pour des raisons majeures, entrer dans une description plus détaillée de mon système, bien que toutes les parties en fussent parfaitement définies pour moi.

Un fabricant intelligent, Walther de Halle, fit également en 1859 des essais pour retirer par la macération le sucre laissé dans la pulpe. Il me fit connaître que, sur 4,600 k^{os} de résidu de pression, il avait pu retirer encore 105^{k},6 de sucre. Ces 4,600 k^{os} de pulpe correspondant à peu-près à 24,000 k^{os} de betteraves, on voit que pour 100 k^{os} de betteraves le rendement se trouvait augmenté d'environ $^1/_2$ % en sucre cristallisable.

Ces résultats, comme mes propres observations, me confirmaient de plus en plus sur l'exactitude de mes prévisions et, en 1859, j'arrêtai complètement les détails d'exécution de man projet.

Les premiers résultats pratiques ne purent néanmoins être obtenus la même année; je m'étais associé avec mon frère C. E. Walkhoff à Schosnitz près Breslau, où nous voulions fonder ensemble une fabrique outillée d'après mon système. Les évènements de cette année ne nous permirent pas de réaliser ce projet, car chacun, à cette époque, considérait une guerre comme imminente. Ces contre-temps me décidèrent enfin à accompagner en Russie, sur ses instances pressantes, le Comte Bobrinsky. Ce fut donc dans ce pays que mon procédé fut appliqué pour la première fois.

Plus tard, je soumis mon système au jugement de l'Association des fabricants de sucre du Zollverein. J'établis dans la revue de cette association, (Tome 14, pages 257 et suivantes), que mon procédé permettait d'obtenir en jus à la densité initiale:

1°, 10 % de plus qu'avec les presses ordinaires,

2°, 7,8 % de plus qu'avec l'addition de 50 à 60 % d'eau à la râpe et une seule pression,

3°, 5,36 % de plus qu'avec le système par double pression de Kuhne & Boekelmann, etc.,

4°, 3,4 % de plus qu'avec la macération et la double presse de Schlickeysen.

Je constatais en même temps que l'application de mon procédé à la pulpe des turbines augmentait de 2 à 3 % le rendement en jus.

Dans le même article (page 275), je démontrai qu'avec mon appareil on pouvait obtenir, comme rendement total, 92 % de jus. Or, en appliquant mon système à la pulpe produite par le mode de travail indiqué plus haut sous le n° 2, on retire encore 7,8 % de jus. Le chiffre de 84,2 % est donc le rendement maximum que peut fournir cette méthode dans laquelle on utilise l'action de l'eau à la râpe.

Si je rappelle ces chiffres, c'est qu'ils peuvent servir à démontrer combien sont fréquentes les erreurs que l'on commet quand on évalue les rendements ordinaires de jus. Souvent, avec des presses simples ordinaires, on parle de 87 à 88 % de rendement. C'est une exagération évidente, et les nombres réels de la pratique sont bien au dessous de cette valeur. Même avec le système de Kuhne & Boekelmann, on ne saurait arriver à 88 %, car si, du chiffre de 92 % trouvé plus haut, on défalque les 5,36 % produits par mes appareils, il ne reste que 86,64 % pour le rendement primitif. Avec le mélangeur de Schlickeysen, on ne trouve de même comme maximum que 92—3,4 ou 88,6 % de rendement.

Il n'échappera à personne que les chiffres trouvés par la Commission des fabricants du Zollverein, à la suite de ses expériences, sont complètement à l'abri de toute exagération, et que dès-lors ils peuvent servir d'élément de contrôle pour comparer les divers systèmes et leur rendement vrai, quels que soient les résultats que préconisent les inventeurs, en se fondant soit sur la polarisation, soit sur tout autre mode d'évaluation du jus.

En ce qui concerne la qualité des jus produits par mon procédé, rien n'autorise à penser qu'elle soit inférieure à celle des jus obtenus par tout autre méthode. Du reste, on aurait la preuve de leur qualité dans les résultats acquis d'une pratique en grand, qui a porté chaque année sur plus de 300,000 tonnes de betteraves. Les sirops et les sucres ainsi obtenus ne le cèdent en rien aux produits fournis par les autres systèmes.

Enfin, des analyses chimiques fréquentes ont été faites sur des jus produits avec mon appareil. Une analyse de Scheibler[1] a donné:

	Degré Brix	Degré polarimétrique	Matières salines étrangères	Rapport
Jus des presses.	13,16	10,22	2,44	82,64
Jus des appareils de Walkhoff	5,30	4,38	0,92	81,46

On voit même, d'après ces chiffres, que les jus produits avec mon système sont plus purs que ceux de la presse, ce qui est tout naturel, car les jus dans mes appareils ne sont en contact avec aucune matière susceptible de les altérer. D'autre part, en passant à travers les sacs, les jus dans les conditions ordinaires entraînent toujours une proportion notable de ligneux qui, à la défécation, se trouve en contact avec la chaux à une température élevée et se dissout, tandis que cet inconvénient n'est pas à craindre dans mon procédé.

On peut d'ailleurs démontrer expérimentalement et de la manière la plus nette que les jus produits dans mon système valent, comme qualité, ceux qu'on obtient avec les presses hydrauliques. J'en citerai comme preuve l'essai suivant, fait par M. Volkers, et dont les résultats ont été publiées dans le journal polytechnique de Digler (1866 page 474).

On réunit la pulpe provenant de 30 heures de travail des presses, et on conserva cette pulpe jusqu'au moment où tout le jus provenant de la même mise en œuvre fut employé. On reprit alors cette pulpe pressée et on la soumit séparément à la macération d'après mon système. Les jus qu'on obtint ainsi furent ensuite traités également à part des autres jus de la fabrique et cuits séparément. Ils produisirent une masse cuite exactement de la même qualité que celle du travail courant. L'essai avait porté sur 125,000 k^{os} de betteraves qui contenaient 14,025 k^{os} de sucre et 3277 k^{os} d'éléments salins étrangers.

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. T. 14, p. 252.

On retira par les presses hydrauliques:

1°, 96,959 k°s de jus marquant 14,57 % Balling, 11,81 % de sucre et 2,16 de matières étrangères, soit pour 100 de sucre 23,36 de sels étrangers.

2°, 12,722 k°s de masse cuite contenant 79,2 % de sucre, 9,8 % de sels étrangers, 11 % d'eau, soit pour 100 de sucre 12,37 de sels êtrangers.

Avec mon système d'épuisement:

1°, 35,376 k°s de jus étendu, marquant 6,09 Balling, 5,005 % de sucre et 1,185 de sels étrangers, soit pour 100 de sucre 23,67 parties de sels étrangers.

2°, 2,305 k°s de masse cuite à 78,65 % de sucre, 10,12 de sels et 11,23 % d'eau, soit pour 100 de sucre 12,78 de sels.

Ces résultats, qui mettent en évidence la valeur des jus et des masses cuites, provenant de mon système, démontrent, pour quiconque cherche à se rendre compte des faits, les avantages réels que procure la macération des pulpes. Grouven et Scheibler croyaient eux aussi, au début, que les jus retirés de la pulpe devaient être de mauvaise qualité; les expériences qu'ils ont suivies ont suffi pour les faire revenir de la manière la plus complète sur leurs idées préconçues.

A la vérité, on ne saurait nier que, dans mon procédé, la production de l'engrais est notablement réduite, et c'est une question importante dans tous les pays où la fabrication du sucre se relie essentiellement aux intérêts agricoles, ou l'usine ne vient qu'en seconde ligne, après la question de culture. Dans ces pays, on attribue aux résidus de la fabrication une valeur considérable. La réduction de pulpe que donne mon système semble donc à priori, pour le producteur et surtout pour les sociétés de cultivateurs, un inconvénient sérieux; on reproche donc a mon procédé de léser les intérêts de l'agriculture

1°, parce qu'il fournit moins de pulpe,

2°, parce que cette pulpe n'a qu'une moindre valeur comme engrais.

Il n'est pas inutile d'examiner de plus près cette double question.

Comme on le sait, la quantité de résidus qu'on obtient de 100 k^{os} de betteraves dépend de la quantité du jus extraite; or, pour les divers systèmes de traitement, on trouve les chiffres suivants:

	Rendement en jus	Pulpe ramenée à un taux d'humidité constant
Par le procédé ordinaire des presses hydrauliques	80 %	20 %
Par les presses simples avec 50 ou 60 % d'eau ajoutée à la râpe . .	84 -	16 -
Par la double pression de Kuhne & Boekelmann	87 -	13 -
Par le procédé de Schlickeysen .	88,5 -	11,5 -
Par mon procédé	92 -	8 -

Il est évident que c'est mon procédé qui, à même humidité, donne le moins de pulpe. Si donc les résidus avaient une valeur plus élevée que le jus, il est bien clair que, toutes choses égales d'ailleurs, la méthode la plus avantageuse serait celle qui donnerait le plus de pulpe. Mais alors, pourquoi l'industrie du sucre ne s'est-elle pas tenue pour satisfaite de l'ancien procédé des presses, qui ne donne comme rendement moyen que 80 % de jus au plus.

Depuis que la fabrication du sucre existe, on a toujours attaché la plus grande importance à l'extraction du jus, par cette raison que le rendement en sucre cristallisable est proportionnel à la quantité de jus produite. A l'époque où la fabrication était encore à ses débuts, il fallait, pour retirer 100 k^{os} de sucre, beaucoup plus de jus qu'on n'en emploie aujourd'hui. La valeur relative du jus a donc dû s'accroître de plus en plus, à mesure que le rendement en sucre s'améliorait. Depuis 20 ans surtout cette progression de valeur est incontestable, et c'est pour cette cause que, même dans les méthodes où l'on perd la pulpe, cette perte ne fait pas disparaître le bénéfice d'un rendement plus considérable en jus.

Ceux qui n'adoptent pas cette manière de voir sont nécessairement amenés à évaluer la valeur en argent de la pulpe

beaucoup plus haut que celle du jus. Si cette hypothèse était fondée, il en faudrait conclure que, dans les usines, la production du sucre est le résultat accessoire, que le but principal est la production de la pulpe, conséquence qu'il suffit d'indiquer pour faire ressortir l'impossibilité de l'hypothèse.

Comme nous l'avons vu, dans l'ancien procédé de pression, on obtenait environ 20 % de pulpe, dans le mien 8 %. Par suite, une fabrique qui travaille 5000 tonnes de betteraves, produit, avec mon procédé 600 tonnes de pulpe en moins et 600 tonnes de jus en plus. Or, si l'on estime la pulpe à 24f les 1000 kos, prix que certainement l'agriculture ne saurait dépasser, la perte de 600 tonnes de pulpe correspond à une perte de 14,400f. Mais, par compensation, on retrouve 600 tonnes de jus qui, en admettant un rendement très-faible de 6 %, représentent encore 36,000 kos de sucre, mélasses non comprises; or, ces 36,000 kos de sucre au prix moyen de 72f représentent près de 26,000 francs.

Ces chiffres permettent à chaque fabricant d'apprécier s'il a intérêt à produire plus de sucre en améliorant le rendement en jus, et jusqu'à quelle limite il doit pousser ce rendement. Quant à l'autre objection faite contre mon procédé, que la pulpe aurait une valeur alimentaire beaucoup moindre qu'avec les autres systèmes de fabrication, je n'ai jamais eu l'occasion, soit dans les fabriques, soit dans les fermes, de recueillir la moindre plainte à cet égard. Au contraire, l'expérience a démontré que cette pulpe convient parfaitement au bétail. Près de Cologne et en Pologne, les cultivateurs reprennent sans difficultés cette pulpe comme prix de leurs betteraves. Les résidus se conservent parfaitement en silos et n'exigent aucune précaution spéciale. L'objection faite contre mon système à ce point de vue est donc uniquement fondée sur des hypothèses théoriques, et, je le répète, rien dans la pratique ne confirme cette manière de voir.

Il suffit de se reporter en arrière pour se rappeler, qu'au moins en Allemagne, aux débuts de la fabrication, la pulpe n'avait aucune valeur ou du moins n'avait qu'une valeur très-

faible. Mais, lorsque la fabrication se développa et qu'on apprit à connaître la valeur des produits, l'opinion se propagea que toute la valeur alimentaire de la pulpe résidait essentiellement dans le sucre qu'elle retenait. Cette manière de voir fut soutenue très-énergiquement par la plupart des agriculteurs au moment où les presses hydrauliques se substituèrent aux anciennes presses à vis. La même polémique se reproduisit, peut-être avec plus de force, lorsqu'on perfectionna le procédé d'extraction par les presses, et surtout lorsque la macération de Schutzenbach commença à s'introduire dans la pratique.

D'ailleurs, à ceux qui persisteraient dans l'idée que la pulpe avec mon système ne contient plus assez de sucre pour bien fermenter, je conseillerai simplement d'ajouter à ces résidus un peu de mélasse. La mélasse renferme en effet, outre le sucre, divers sels et des matières azotées qui ont une grande valeur dans la nourriture du bétail. On pourrait donc de la sorte améliorer à peu de frais la valeur de la pulpe comme nourriture. En tout cas, cette proposition mériterait de faire l'objet d'un essai, car on restituerait de la sorte à la pulpe, et sous forme d'extrait, la majeure partie des éléments nutritifs contenus dans la betterave. Du reste, cet emploi de la mélasse n'est pas une chose nouvelle, et on a souvent cherché à employer cette matière comme engrais, au même titre que les résidus de distillerie. Récemment, un des fabricants les plus intelligents a fait des essais qui me semblent dignes d'attention, en imprégnant de mélasse des fourrages qu'il conservait ensuite en silos comme on fait pour la pulpe; ces essais paraissent avoir parfaitement réussi, les fourrages se conservent ainsi toute l'année à l'état frais, et les animaux s'en montrent très-avides.

Ce qui précède autorise donc, ce me semble, à espérer que les opinions aujourd'hui admises au sujet des engrais ne résisteraient pas à une expérience raisonnée.

En terminant ce chapitre, le lecteur se sera sans doute aperçu que je n'ai aucunement cherché à l'écrire pour faire de la propagande en faveur de mon système. Toute nouveauté, si

elle offre des avantages pratiques, fait d'elle-même son chemin. Si elle ne remplit pas cette condition, toutes les réclames qu'on pourrait faire en sa faveur sont peine perdue. Aussi, n'ai-je pas cherché une vaine satisfaction d'amour-propre en exposant, tels qu'ils ont été constatés, les avantages de ma méthode, en réfutant les objections qu'on a élevées contre des travaux qui m'ont occupé durant de longues années.

Du reste, ce procédé est aujourd'hui appliqué sur une très-grande échelle et, en 1869, on a travaillé, à ma connaissance, avec les appareils que nous venons de décrire plus de 500,000 tonnes de betteraves réparties comme il suit:

Russie,	Gouvernement	de Kief . .	168,500,000	k.
-	-	- Pologne .	40,000,000	-
-	-	- Charkoff .	138,000,000	-
-	-	- Koursk .	54,000,000	-
-	-	- Toula .	12,000,000	-
-	-	- Pologne .	105,000,000	-
Prusse			7,000,000	-
		Total . . .	522,500,000	k.

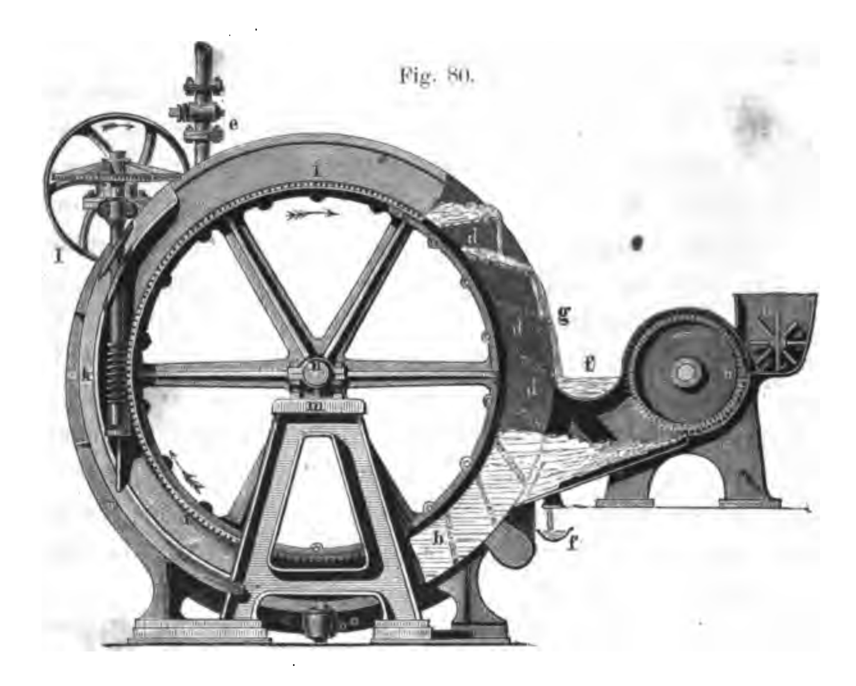
Cette quantité se divisait entre 387 fabriques dont la liste se trouve dans les journaux spéciaux.

Cette extension considérable suffirait pour prouver la valeur pratique du procédé dont il s'agit.

De quelques perfectionnements apportés à la méthode précédente.

Malgré le nombre et la variété des machines employées, même dès le début de l'industrie, dans la fabrication du sucre de betteraves, on est encore loin d'avoir réalisé, au point de vue de la main-d'œuvre, les économies euxquelles on est arrivé dans la plupart des autres industries. Les chiffons, par exemple, se transforment en papier presque sans le concours de l'homme. Nous voyons des machines filer et tisser le lin

avec une rapidité et une perfection qu'on ne saurait attendre du meilleur ouvrier. Si l'on calcule l'économie de main-d'œuvre que représentent ces machines, on ne saurait se dissimuler que l'industrie du sucre est loin d'être arrivée au même perfectionnement. Ce désideratum est surtout sensible dans le travail barbare des presses, où toute une légion d'ouvriers est chargée de l'ensachage des pulpes, du chargement, du déchargement des presses, de l'enlèvement de la pulpe, etc. Tôt ou tard cette partie de la fabrication doit subir une transformation



radicale, et je pense que la généralisation de mon procédé contribuera, pour une part notable, à diriger les recherches dans cette voie. Jusqu'ici, il semble que le problème ait été mal posé et rendu plus difficile qu'il n'est: on a toujours cherché à obtenir mécaniquement au moins 82 ou 84 %, résultat qui ne saurait être acquis convenablement par une seule opération.

Aujourd'hui, les conditions du problème sont tout autres. J'ai démontré en effet pratiquement que tout le sucre des betteraves, sauf un reste insignifiant, pouvait être recueilli à l'aide

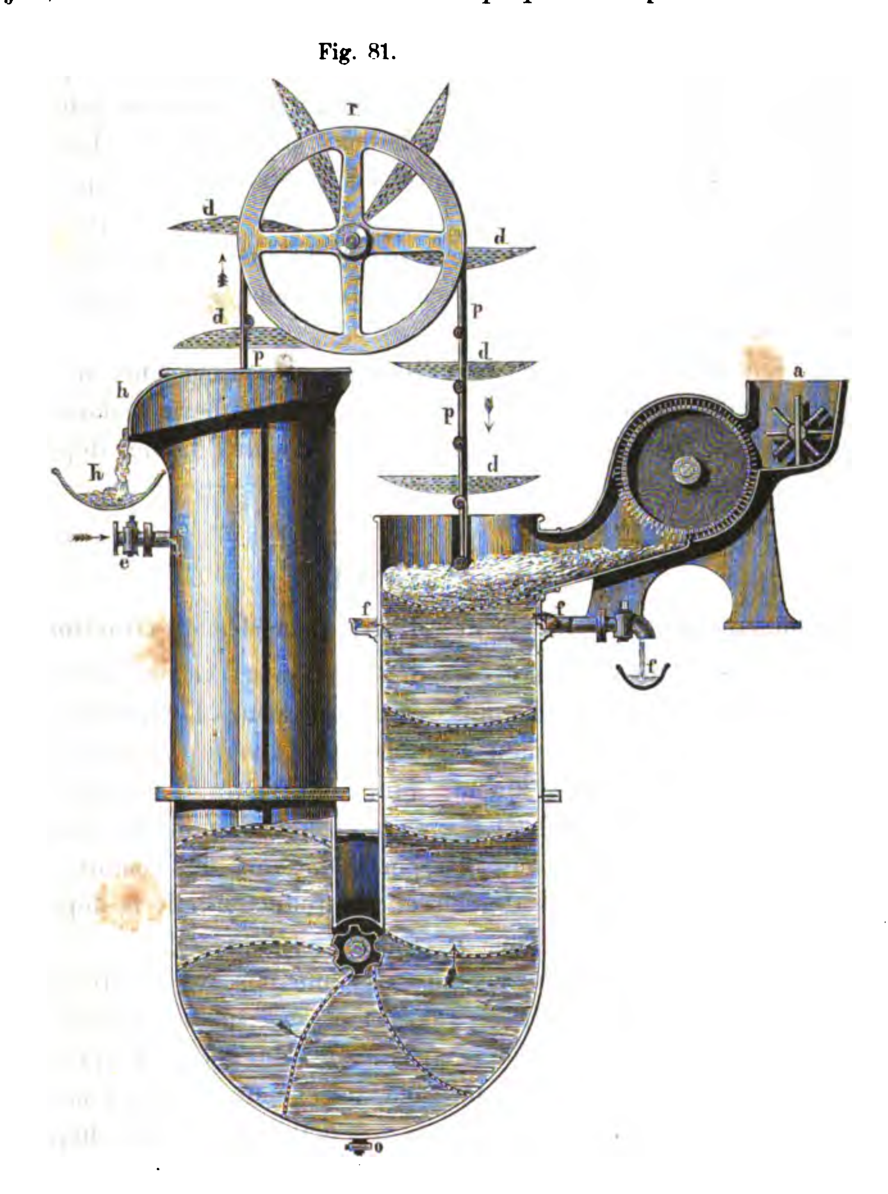
d'un appareil très-simple. La seule condition est qu'on ait au préalable enlevé à la betterave 75 ou 80 % de jus par une méthode mécanique du production de jus qui dispense à peu près du concours des ouvriers. Tôt ou tard ce résultat sera acquis, et pour ma part, dans la limite de mes forces, c'est un but que je poursuivrai sans relâche. C'est en me plaçant à ce point de vue que j'ai cherché à simplifier mon procédé spécial d'épuisement, de façon à réduire la main-d'œuvre qu'il exige. Je crois donc devoir donner ici la description de mes appareils les plus récemment construits, et qui me paraissent satisfaire à la condition posée.

La pulpe fournie, soit par la presse soit par tout autre appareil et ayant abandonné 75 % du jus initial, est jetée en *a* dans l'appareil représenté figure 80. Là, elle passe sous un grand nombre de lames qui la divisent en petits morceaux et arrive, d'une manière uniforme et continue, au grand tambour *b* où, par suite des saillies *c*, elle se réduit en particules très-divisées et est conduite aux appareils d'extraction du jus. Cette dernière machine, à laquelle j'ai donné le nom de filtre tournant, est munie de palettes à jour *d* et ressemble à une roue hydraulique. Cette roue tourne lentement et fait circuler la pulpe en sens inverse d'un courant d'eau arrivant en *e*. La pulpe épuisée complètement se décharge d'elle-même en *g*, et tombe dans la rigole *h*, où un appareil convenable la conduit aux magasins de dépôt.

L'appareil entier repose par son axe *n* sur un support *m* et est mis en mouvement par une roue dentée *i i* engrenant avec une vis sans fin *k*, laquelle est commandée par la poulie *l*. Le robinet *o* permet de faire écouler le liquide de l'appareil. L'eau, arrivant en quantité voulue en *e*, passe successivement dans chaque compartiment et s'écoule en *f* à l'état de jus concentré. Comme on est maître du mouvement de la roue et de l'arrivée d'eau, on peut régler à volonté la marche du travail. L'appareil est très-simple et assure l'extraction complète du sucre, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter comme eau plus de 5 % du poids de la betterave.

En combinant cet appareil avec une presse continue ou tout autre appareil automoteur fournissant au moins 75 % de jus, il suffirait de faire arriver la pulpe en *a* pour obtenir le

Fig. 81.



rendement maximum avec le moins de frais possibles, avec le moins d'eau d'ajoutée et dans le temps le plus court.

J'ai également disposé et fait bréveter un autre appareil continu représenté figure 81. Le mode de râpage des tourteaux est le même, mais l'extraction du jus se fait dans une sorte de noria. Les godets ou palettes *dd* sont à jour et se meuvent dans les sens de la flèche en passant dans un appareil à syphon. L'eau circule en sens inverse, se charge des matières solubles en même temps qu'elle déplace le jus, et sort en *f*. Les résidus complètement épuisés continuent à être entrainés par les palettes *d d* et tombent en *h*; l'eau arrive en *e* et peut au besoin être retirée de l'appareil par le robinet *o*. Les diverses palettes sont reliées par une chaîne articulée *p* qui reçoit son mouvement d'une poulie *r*.

Cet appareil, comme le précédent, est automoteur, il supprime entièrement le travail des ouvriers et permet d'obtenir un travail parfaitement régulier avec la plus faible dépense d'eau possible.

Chapitre VII.

Comparaison et contrôle des divers procédés d'extraction.

Pour résumer l'étude détaillée que nous venons de faire des divers procédés les plus employés pour l'extraction du jus, et avant de passer à l'examen de divers systèmes plus récents ou qui n'ont eu qu'une durée éphémère, il ne sera pas sans intérêt de consigner dans un tableau d'ensemble les chiffres relatifs à chaque système, au point de vue du nombre des ouvriers, des frais d'installation et de production, de la dépense en force motrice et en eau.

On a supposé dans tous les cas une mise en œuvre journalière de 50,000 k^{os}, ce qui correspond à un travail de 6,000,000 de k^{os} pour une campagne de 120 jours. Le prix de la main-d'œuvre et du combustible ont été supposés les mêmes dans les divers cas; enfin on n'a pas tenu compte des impots.

Dans ces conditions, le tableau ci-après permet de comparer avec une exactitude complète la valeur relative des différents procédés:

Pour 120 jours de travail et 6,000,000 de k^os de betteraves, la production du jus exige:	En main d'oeuvre: Pour amener et nettoyer les betteraves. — Journées.	En main d'oeuvre: pour le travail de la râpe à la défécation: par poste.	En main d'oeuvre: pour le travail de la râpe à la défécation: Nombre total de journées.	En combustible (en tonnes de houille anglaise): pour les machines	En combustible (en tonnes de houille anglaise): pour évaporer l'eau ajoutée	Frais de première installation.	Dépense annuelle pour réparation.	Taux % de jus obtenu.	Prix de production de 100 k^os de jus ramené à la densité initiale.	Quantité d'eau ajoutée au jus. %
Procédé habituel par simple pression	3360	28	6,720 [1]	118,8	—	33,500f	7,200f	80	3,55	0
Presses avec second râpage de pulpe	3360	35	8,400 [1]	145,2	240	38,500f	7,500f	87	3,52	20
Presses avec les tables de chargement adoptées à Smela en 1862	3360	14	3,360 [1]	118,8	—	30,000f	7,200f	80	3,48	0
Turbines . . .	3360	10	2,400	237,6	360	36,250f	3,000f	88	3,40	30
Macération de Schutzenbach .	3360	12	2,880	105,6	420	29,500f	3,000f	89	3,90	35
Méthode de Walkhoff décrite plus haut	3360	20	4,800 [1]	180,2	125	14,500f plus les presses.	6,800f	89 [2]	3,32	8 à 12

1) Non compris le lavage des sacs. 2) La méthode portée en dernière ligne donne jusqu'à 94 % de jus, mais on a cru devoir maintenir les chiffres cités plus haut qui sont de véritables minimum de rendement.

Contrôle comparatif des divers procédés de production du jus.

Pour apprécier, dans la pratique, la valeur ou les résultats relatifs de chacune des méthodes que nous venons de décrire, on peut suivre deux marches différentes.

1°, Indirectement, on peut déterminer, pour 100 parties de betteraves, la proportion du jus qui reste dans les résidus, et qui, par suite, se trouve perdue. Connaissant le degré polarimétrique du jus initial, le poids des résidus fournis par 100 parties de betteraves, et leur degré au polarimètre, la proportion de jus cherchée se trouve par un simple calcul d'arithmétique. Ainsi:

Le jus initial de la betterave donne au polarimètre 12 %.

Sur 100 parties de betteraves, on obtient par la pression 18 parties en poids de résidu.

Ce résidu accuse par polarisation 5 % de sucre.

Il reste donc dans les résidus une quantité de jus à la densité initiale de $\frac{5 \times 18}{100 \times 12}$ = $7\frac{1}{2}$ parties % du jus primitif.

Mais les résidus indiquent habituellement au polarimètre moins de sucre qu'ils n'en renferment en réalité. Cette différence est due à ce qu'une partie du jus reste renfermée dans les cellules demeurées intactes, et que, par suite, ce jus n'est pas sensible au polarimètre. Une partie du sucre n'étant pas révélée par l'essai, il en résulte que l'on attribue aux résidus une proportion de jus moindre que celle qu'ils renferment en réalité. Le mode d'analyse appliqué à ces résidus comporte donc une source d'erreurs presque inévitable.

D'autre part, il faut se garder de conclure directement de la quantité de jus trouvée dans la pulpe épuisée au rendement réel en jus extrait de la .betterave. Ainsi, dans l'exemple qui précède, on courrait grand risque de se tromper en disant: Il reste dans la pulpe $7\frac{1}{2}$ % de jus, donc on en a extrait en réalité 96 — $7\frac{1}{2}$ % ou $88\frac{1}{2}$ %. En dehors de ces $7\frac{1}{2}$ %, il

faut en effet compter comme perdue toute la quantité de jus qui reste dans les sacs, toute celle qui disparaît dans les manutentions successives, et cette fraction est souvent considérable. En tout cas, et quel que soit le soin apporté dans le travail, elle ne saurait être complètement annulée. Ainsi, dès 1812, Achard, dans ses études sur les résultats du travail par les presses, constatait déjà que, sur 100 kilos de pulpe fraîche de betteraves, il n'avait obtenu que:

	63,6 %	de jus
et	34,3 %	de résidu
Soit au total	97,9 %	

On avait donc perdu 2,1 % de matière à l'état de pulpe, ou de jus.

Krause, dans son ouvrage sur la fabrication du sucre de betteraves, signale également la perte inévitable de matière à la pression. Blanquet, en France, en opérant sur 400 k^{os} de betteraves représentant 404 k^{os} à la sortie de la râpe, obtint:

	291^{k},5	de jus
et	104^{k},5	de résidu
Soit, au total,	396^{k}.	

On avait donc perdu 4 k^{os}, soit 1 %.

Les conclusions de ces divers auteurs sont d'ailleurs irréfutables. Moi-même, en opérant dans mes essais sur des quantités de pulpe de 630 k^{os}, j'ai constaté des pertes variant de 0,5 à 4 %.

2°, On peut apprécier le rendement d'une manière directe, en cherchant combien, avec 100 k^{os} de betteraves, on obtient en réalité de jus à la densité initiale. Cette détermination peut se faire, soit en petit, en opérant sur le contenu de quelques sacs ou d'une turbine et pour des poids connus, soit en grand, en mesurant les jus que l'on recueille. Les essais en petit comportent plus d'exactitude; ils offrent ce grand avantage qu'ils permettent de déterminer au préalable, et d'une façon précise, la teneur en sucre ou en matières solides des betteraves que l'on étudie. Mais les opérations en grand corres-

pondent mieux à tous les éléments variables que peut présenter le travail de l'usine. Nous donnerons ici un exemple de ce dernier mode d'opérer. En 24 heures on mit en œuvre exactement 50,000 k°ˢ de betteraves. La pression se faisait en une seule fois avec de grandes presses, (diamètre du piston 0ᵐ,36 — surface des plateaux 0ᵐ,65 × 0ᵐ,65 — hauteur de pile 1ᵐ,45). Les sacs étaient très-minces (90 à 96 par chargement). On ajoutait plus de 40% d'eau à la râpe. — Ces betteraves donnèrent, en 41 défécations et un quart, 585,8 hectolitres de jus marquant 10% Balling, et dont la densité était par suite 1,0401. Le jus produit pesait donc 60,920 kilos. Or, le jus tel qu'il existait dans la betterave, marquait en moyenne 14%. En ramenant les 60,920 kilogˢ à ce degré, on trouve que la pression avait fourni $60{,}920 \times \frac{10}{14}$ ou 43,515 k°ˢ de jus à la densité initiale On avait donc obtenu pour 100 kilos de betteraves à très-peu près 87% de jus.

Si de pareilles expériences en grand sont faites avec soin, on ne saurait leur refuser une certaine autorité. Le seul élément incertain qui intervienne dans le calcul est la densité du jus initial. Or, les betteraves présentent à cet égard de grandes variations. Il est donc nécessaire de faire un grand nombre d'essais aréométriques de ce jus, de façon à connaître exactement sa densité moyenne. Du reste, il est bien évident qu'on n'a pas à rechercher dans des expériences de ce genre une précision mathématique. On détermine le volume du jus produit, simplement par le nombre des chaudières déféquées, en ayant soin de faire toujours arriver le jus dans ces chaudières jusqu'à un repère correspondant à un volume préalablement jaugé. Pour opérer plus exactement, il serait bon qu'on pût ne commencer à chauffer le jus à la défécation que quand la chaudière est pleine. Mais souvent les nécessités du travail ne le permettent pas. On doit alors introduire la vapeur en même temps que le jus dans les mêmes conditions pour toutes les défécations, de façon que le jus soit arrivé à une température à peu près constante et inférieure au point où se produit la

coagulation, au moment où la chaudière est pleine. Cette condition est facile à réaliser dans la pratique, et il suffit alors d'une correction unique sur l'ensemble de la journée, pour annuler l'effet dû à la dilatation sur le volume du jus. Il va de soi, qu'à chaque défécation, on doit prélever un échantillon du jus pour déterminer sa densité. On doit d'ailleurs le laisser refroidir à la température normale avant de prendre son degré, ou, si l'on opère à chaud, faire subir aux indications de l'aréomètre la correction voulue. La première méthode est toutefois préférable. Les jus refroidissent très-vite en hiver, et une fois à la température normale s'y maintiennent longtemps, ce qui permet de faire à titre de contrôle plusieurs lectures successives.

Il convient d'ajouter que le rendement en jus déduit du travail d'un seul jour ne représente pas toujours les conditions de marche normale de la fabrication. Les résultats peuvent varier en effet très-notablement dans une même fabrique d'un jour à l'autre. A un moment donné, toutes les circonstances favorables peuvent se trouver, par hasard, réunies: ainsi, un tambour neuf à la râpe, une forte pression de la vapeur et une marche plus rapide des appareils, des sacs neufs à la presse peuvent amener un rendement plus fort; un autre jour au contraire, toutes les conditions opposées peuvent agir à la fois pour diminuer le travail et la production du jus. Aussi faudrait-il, pour avoir des résultats moyens exacts, prolonger l'essai pendant un temps assez long. Avec des expériences en petit, ces éléments de variation peuvent être écartés. Il suffit de se placer toujours dans les mêmes conditions pour la marche et la durée d'action des appareils extracteurs, d'ajouter les mêmes proportions d'eau, de donner exactement la même charge à la presse ou à la turbine etc., de peser enfin directement le jus recueilli. En un mot, dans un essai sur de petites quantités, on est maître de tous les éléments qui peuvent influer sur le rendement des presses ou des turbines, tandis que dans une expérience en grand, on est toujours à la merci du travail des ouvriers. Si donc on veut connaître exactement le rende-

ment pour une presse ou une turbine, il faut n'opérer que sur une petite quantité de matière; si l'on veut au contraire apprécier la valeur pratique d'une installation ou d'un procédé de travail, il faut recourir à des essais plus prolongés.

Les deux procédés de contrôle dont nous venons de parler reposent sur la mesure du jus resté dans les résidus ou extrait de la pulpe. Souvent, on prend pour mesure de la production relative du jus la quantité de sucre indiquée par le polarimètre dans les résidus. Sans se préoccuper de la richesse saccharine de la betterave, on évalue seulement la quantité de sucre qui reste dans les résidus pour 100 kilos de betteraves mis en œuvre, et on dit: dans tel mode de production du jus, on perd par les résidus tel poids de sucre. Ainsi, pour les pulpes provenant de presses hydrauliques, Otto a trouvé pour 100 kilos de betteraves de $0^k,8$ à $0^k,9$ de sucre; Freise, de $0^k,7$ à $0^k,9$. Avec les turbines, on laisse dans la pulpe sèche, d'après Baumann, de $0^k,4$ à $0^k,5$, d'après Weiler, de $0^k,5$ à $0^k,8$, d'après Freise de $0^k,3$ à $0^k,5$. Si l'on admet que, dans toutes les fabriques où ont été faites ces expériences, les betteraves avaient la même richesse saccharine, si d'autre part les chiffres cités plus haut étaient la moyenne d'un grand nombre d'essais, on pourrait être tenté de prendre ces chiffres comme mesure du rapport entre les divers modes de travail. Par exemple si deux fabriques, l'une outillée avec des presses, l'autre avec des turbines, traitent des betteraves de même richesse saccharine, 12 %, si les tourteaux de presse retiennent en moyenne 0,8 de sucre, les pulpes essorées 0,6 pour 100 k^{os} de betteraves, on en conclurait que la première perd $\frac{0,8}{12}$ ou $^1/_{15}{}^e$ de sucre, la seconde $\frac{0,6}{12}$ ou $^1/_{20}{}^e$ seulement. Cette conclusion supposerait que, dans les deux cas, la polarisation des résidus a bien révélé leur teneur réelle en sucre, ce qui n'est généralement pas exact, car, comme nous l'avons déjà dit plus haut, même avec des observations trés-attentives, une partie du sucre des résidus échappe à l'analyse. Ajoutons

toutefois que, si les expériences de polarisation sont faites dans tous les cas de la même manière, les erreurs sont aussi les mêmes dans tous les cas, et par suite, bien que chacun des résultats obtenus soit inexact, leur rapport n'est pas affecté par les causes d'erreur signalées plus haut, et on est en droit d'en tirer des conclusions rigoureuses.

Il est cependant une circonstance où l'on peut se dispenser d'analyser la richesse saccharine des betteraves et trouver dans un simple essai polarimétrique des indications utiles, c'est lorsque les observations ou les comparaisons portent sur des betteraves dont on connait d'une manière générale la valeur relative. Ainsi, beaucoup de fabriques, placées dans les mêmes conditions de sol, de culture ou de climat, ont toujours des betteraves de même qualité ou, tout au moins, dont la qualité n'est soumise qu'à des variations toujours proportionnelles. Si une saison humide et froide donne dans une fabrique des betteraves à 10 ou 12 %, la récolte de la fabrique voisine sera dans les mêmes conditions. Inversement, une année favorable donnera simultanément dans les deux usines des betteraves contenant 14 ou 15 % de sucre. Si donc on veut comparer le travail de deux fabriques placées dans ces conditions, des essais portant sur la polarisation des résidus peuvent fournir des indications utiles pour évaluer les rendements en jus, sans qu'il soit nécessaire de déterminer chaque fois la teneur en sucre des racines elles-mêmes; on sait à priori que leur composition est peu différente.

Très-souvent, dans la pratique, lorsqu'on veut apprécier des rendements, on indique les limites extrêmes entre lesquelles varie le taux de sucre dans les betteraves. Ainsi l'on dit: les betteraves les moins riches laissent $0^k,3$ de sucre dans la pulpe pressée, les plus riches $0^k,9$ (Kindler). Pour la turbine, les chiffres analogues sont de 0,5 et 0,8 %. Mais, outre que ces limites sont toujours assez indéterminées, ces résultats ne répondent pas à la question essentielle: pour des pertes de 0,3 ou 0,9 de sucre dans les résidus, quelle est la quantité réelle de jus envoyée à la défécation? Les conclusions à cet égard

peuvent varier et varient en effet dans toutes les fabriques, sans qu'il soit possible de les considérer comme sérieuses.

Si donc on n'a pas de données sur la teneur en sucre des betteraves mises en œuvre, si cette teneur n'est pas constante ou si elle n'est pas la même dans les fabriques dont on veut comparer les rendements, il faut forcément analyser les racines elles-mêmes en même temps que leurs résidus. Cette double analyse est en tout cas essentielle quand on fait des essais isolés: à quoi servirait-il de connaître seulement la richesse en sucre de la pulpe épuisée? Supposons que l'on trouve avec une méthode de pression 0,7 de sucre dans les résidus, avec une autre 0,9. De cette différence conclura-t-on que la première méthode vaut mieux que la seconde, et devra-t-on, sans plus ample informé, substituer la première à la seconde dans l'usine? Mais les betteraves pouvaient contenir 10,5 % de sucre dans le premier essai, 13,5 % dans le second, et dans ce cas les deux méthodes de pression seraient équivalentes: la perte serait de $\frac{0,7}{10,5}$, $\frac{0,9}{13,5}$, ou $^1/_{15}$e de sucre dans les deux procédés. En résumé, dans toute comparaison rationnelle, ce n'est pas la richesse absolue en sucre des résidus qu'il faut prendre comme base, mais leur richesse relative rapportée à celle des betteraves. Il faut poser la question dans ces termes: quelle est la fraction du sucre des betteraves qui reste dans les résidus, et ramener le chiffre trouvé à 100 de sucre, dans les betteraves, ou mieux tout évaluer en volume de jus. Si l'on trouve, en traitant des betteraves à 12,6 % de sucre, que les résidus en contiennent 0,9 %, la fraction du sucre de la betterave perdue sera $\frac{0,9}{12,6}$ ou $^1/_{14}$e. Or, $^1/_{14}$e du sucre répond à $^1/_{14}$e du jus. On devra donc en conclure que la perte de jus est $\frac{1}{14} \times 96$ ou 6,8 %. Cette méthode revient, comme on voit, à doser indirectement comme on l'avait fait plus haut, le rendement en jus; seulement, dans

l'un des cas, on prend comme point de départ des dosages de sucre, dans l'autre, les dosages de jus.

Mais, quelle que soit la méthode employée pour évaluer la perte dans les résidus, il vaut toujours mieux déterminer la quantité de jus réellement produite en grand, en suivant la marche que nous avons indiquée plus haut. Cette expérience est toujours concluante. Il est vrai qu'elle entraîne de nombreuses pesées, mais, en revanche, on travaille sur des chiffres positifs, qu'on peut au besoin vérifier et contrôler en soumettant les pulpes épuisées à l'analyse.

En terminant ce chapitre, je dois prévenir une objection qu'on pourrait faire sur un point particulier du calcul des prix de revient donnés plus haut. On pourrait s'étonner de voir porter au compte de la production du jus tout le charbon employé à la machine motrice et à la vaporisation de l'eau ajoutée au jus dans le travail, tandis que la vapeur, après son action mécanique dans la machine, peut encore servir à évaporer une partie des jus. On pourrait donc en conclure que la valeur de cette utilisation après détente devrait être défalquée dans nos calculs. Selon moi, cette manière de compter serait erronée. La chaleur que l'on gagne par les ballons de retour ne doit pas être portée au compte de la production du jus, mais des travaux ultérieurs de la fabrication, car c'est là seulement qu'elle remplace une quantité de vapeur qu'on serait obligé de produire directement. Pour actionner les outils de production du jus, il faut toujours la même quantité de vapeur, qu'on l'utilise ou non après sa détente, car il faut, dans tous les cas, une certaine dépense de force motrice qui répond à une certaine quantité de vapeur fournie aux machines. C'est donc aussi d'après cette force indispensable qu'il faut calculer les frais de combustible imputables à la production du jus. Avec des machines sans condensation, et ce sont les seules que possèdent les sucreries, il faudra toujours, pour faire marcher les râpes, les presses ou les turbines, une même quantité de vapeur, qu'on utilise ou non ce qu'elle conserve ensuite de chaleur. Cette dernière utilisation sera portée en bénéfice au compte des opé-

rations ultérieures, mais pour le premier travail, nous ne devons compter que la force motrice de la vapeur et non son calorique. Ce dernier élément ne devient disponible qu'après la production du jus.

Que si d'ailleurs on cherche à connaître l'effet des ballons de retour de vapeur et la quantité d'eau qu'on peut évaporer de la sorte, cet élément peut se déterminer par un calcul très-simple et qui repose sur les données de l'expérience. Le procédé d'extraction du jus qui exige le maximum de force motrice est, comme on le sait, le turbinage. Nous supposerons donc que le travail se fasse avec des turbines, et nous calculerons, dans ces conditions, la quantité d'eau que peut évaporer la vapeur détendue dans la machine. Si nous démontrons que, même dans ce cas, on ne peut évaporer qu'une fraction très-faible de la quantité de jus totale, nous pourrons, sans autres recherches, étendre ces résultats aux autres procédés d'extraction, en réduisant l'effet utile dans une forte proportion. On entend souvent dire, à propos de la vapeur de retour des machines qui actionnent les turbines, qu'elle suffirait presque, à elle seule, à évaporer la totalité des jus produits. Les calculs calorimétriques très-simples qui suivent prouveront combien ces prétentions sont loin de la vérité.

Les turbines exigent, comme nous l'avons vu précédemment pour 6,000,000^k de betteraves 237^t,600 de houille anglaise par campagne pour produire la quantité de vapeur nécessaire à leur fonctionnement. Plaçons-nous dans le cas le plus favorable, et même impossible à réaliser dans la pratique, celui où la vapeur sortant des machines pourrait évaporer exactement le même poids d'eau que si elle n'avait pas déjà été utilisée comme force motrice, et admettons, comme l'indique la pratique, qu'un kilogramme de houille soit en état d'évaporer réellement 5 k^{os} d'eau empruntée aux jus.[1] La dépense de charbon par campagne donnée plus haut correspondrait à une évaporation totale de 5 × 237,600 soit 1,188 tonnes d'eau. Or,

1) Il se produit toujours une perte dans la transmission de la chaleur.

si l'on travaille dans la campagne 6,000,000 de k^os de betteraves à 88 % de rendement en jus, on extrait 5,280,000 k^os de jus à la densité initiale de 16 % Balling par exemple. Ce jus contient 844,800 k^os de matières solides, et si l'on admet que la masse cuite renferme 10 % d'eau, il donnera au plus 844,800 + 84,480, soit 929,280 k^os de masse cuite; notons d'ailleurs que ces chiffrés sont forcés dans une proportion très-grande. On voit donc qu'il resterait à évaporer, pendant toute la fabrication, 5,280,000 — 929,280 ou 4,350,720 k^os d'eau, sans compter toute la quantité des eaux de dégraissage qui vient s'ajouter à ce chiffre dans le cours du travail.

Sur ces 4,350 tonnes d'eau à évaporer, 1,188 soit 27 % environ, peuvent l'être, comme nous l'avons vu, par la vapeur motrice des appareils d'extraction, et cela dans le cas le plus favorable.

Le résultat du calcul ne se trouverait pas notablement modifié si l'on admettait qu'un kilogramme de houille pût évaporer 8 kilogrammes d'eau.

L'eau qu'on ajoute au jus dans le râpage, le turbinage ou la macération, a servi, exactement comme la force mécanique de la machine motrice, à la production du jus; elle a aidé d'une façon notable, et par son action de déplacement, la force du moteur. Les frais d'évaporation de cette eau doivent donc, comme les dépenses de la machine motrice, entrer comme éléments dans le prix de revient du jus.

Enfin, dans les calculs de cette nature, on doit encore tenir compte de la valeur relative des résidus qu'on obtient avec les diverses méthodes d'extraction du jus. Pour apprécier exactement cette valeur, il faudrait comparer des pulpes obtenues avec les trois méthodes d'extraction, mais provenant toutes de betteraves de qualité identique. L'analyse de la pulpe dans ces conditions donnerait immédiatement sa valeur relative. Malheureusement, on ne possède pas toujours de résultats précis obtenus de cette façon, et on doit se borner, en général, à prendre l'avis de l'agriculteur ou de l'éleveur, au point de vue de la valeur de ces matières comme aliment.

Le Docteur Grouven donne[1], pour les divers résidus, les compositions suivantes:

	Pulpe de presses à Salzmunde.		Pulpes de turbines à Jerxheim.
	fraiche	fermentée	fraiche
Eau	75,40	72,70	82,60
Matières azotées	1,53	2,40	1,03
Sucre	1,60	—	—
Graisse	0,15	0,35	0,13
Extrait aqueux	3,67	3,75	2,53
Substances organiques non azotées . .	11,92	12,63	7,05
Cellulose	3,17	5,75	3,04
Cendres	1,59	1,99	1,66
Sable et argile	0,97	0,61	1,96
	100,00	100,00	100,00

En admettant comme prix du fourrage 60 francs les 1000 kilog., il évalue 100 kilog. de pulpe de presse à l'état frais à 1f,65, après fermentation à 1f,80, et 100 kilos de pulpe de turbine à 0f,96 en tant qu'aliment. Si l'on retire comme quantité moyenne, avec les presses 18 % de résidu, avec les turbines 30 %, on voit que ces chiffres correspondent, pour 100 kos de betteraves travaillées, à $1,65 \times \frac{18}{100}$ et $1,80 \times \frac{18}{100}$, soit 0f,297 et 0f,324 pour les presses, et $0^f,96 \times \frac{30}{100}$, soit 0f,288 pour les turbines. La différence entre les deux procédés est donc à ce point de vue extrêmement faible.

[Il ne sera pas sans intérêt de comparer ces chiffres à ceux que nous donnons dans les tableaux suivants, et qui ont

1) Journal de l'assoc. des fab. allem. 85e livraison, page 518.

rapport aux résidus de première et de seconde pression provenant du travail par les presses continues.[1]

Pulpe de presses continues (1re pression).

	Lebée.	Champonnois.	Poizot.
Jus retenu: Eau	79	81,40	80,04
Jus retenu: Sucre	5,90	8,10	5,31
(Jus retenu, total)	84,90	89,50	85,35
Matières végétales nutritives	13,20	9,30	13,29
Terre et cendres	1,90	1,20	1,36
	100	100	100.

Pulpe de presses continues (2e pression).

	Champonnois.	Poizot.
Jus retenu: Eau	85,40	83,38
Jus retenu: Sucre	3,50	3,40
(Jus retenu, total)	88,90	86,78
Matières végétales nutritives	10,10	12,12
Terre et cendres	1,00	1,10
	100	100.

Chapitre VIII.

De quelques autres procédés de macération.

Nous avons étudié dans les chapitres qui précèdent les trois méthodes d'extraction du jus les plus répandues. Il peut toutefois être utile de réserver ici une place à quelques autres procédés qui reposent en majeure partie sur le principe de la macération, et qui se recommandent, soit par leur originalité propre, soit par les indications que leur étude peut fournir au fabricant.

Plusieurs de ces procédés, qui firent grand bruit au moment où ils parurent, qui éveillèrent beaucoup d'espérances dont il

1) Sucrerie indigène. Tome VII. Janvier 1873.

était facile de démontrer à priori l'exagération, n'existent plus depuis longtemps que sur le papier. D'autres, qu'on n'appliqua d'abord que sur une échelle restreinte et auxquels la grande industrie renonça bientôt, après avoir constaté leur insuffisance, se retrouvent encore çà et là dans quelques usines, mais sans aucune chance d'avenir. On rencontre en effet, dans la fabrication du sucre comme dans toutes les autres industries, des esprits originaux qui persévèrent sans broncher dans la voie où ils sont entrés une première fois, et qui considèrent leurs idées propres ou leurs inventions comme les meilleures. Cette diversité dans les opinions ne peut du reste qu'être utile à la science, et la fabrication du sucre, pour sa part, doit ses progrès actuels précisément à la divergence des voies suivies dans la recherche des améliorations. Quoi qu'en disent certaines gens, qui cherchent à couvrir leur manque de valeur personnelle en mettant si volontiers les progrès sur le compte d'un hasard fortuit, ces progrès ne peuvent être que le résultat d'expériences et d'essais fondés sur les règles de la science. Aussi, ne doit-on pas se lasser de poursuivre, si battu qu'il paraisse, le chemin des procédés de l'industrie; on ne doit jamais l'oublier, c'est la réunion de ces recherches qui assure la marche en avant et qui permet d'étendre le domaine de nos forces à un moment donné.

La première idée d'extraire le jus de la betterave par l'épuisement successif à l'aide de l'eau, parait appartenir à Marggraf (Knapp); elle ne fut mise réellement en pratique qu'en 1821, par Dombasle. Dombasle divisait les betteraves en tranches très-minces (4 à $5^{m}/_{m}$ d'épaisseur), à l'aide d'un simple hachoir, puis il soumettait cette matière à l'action de l'eau bouillante dans un système de cuves à faux plancher. La marche du travail était, en principe, à peu-près identique à celle que nous avons décrite en parlant du procédé de Schutzenbach. On versait de l'eau bouillante sur la matière de la première cuve, à diverses reprises, tant que les liquides sortant à la partie inférieure conservaient un goût sucré, ou que l'essai aréométrique y révélait encore la présence de ma-

tières solides. Les liquides chargés des principes solubles de la première cuve étaient rassemblés à la sortie de cette cuve et versés sur les cossettes de la suivante, d'où ils passaient sur la troisième, et ainsi de suite. On les faisait circuler ainsi dans huit ou dix cuves, ou sur un nombre suffisant pour que le liquide sortant de la dernière marquât à peu près à l'aréomètre une densité égale à celle du jus naturel de la betterave.

Ce procédé devait vivement exciter l'attention, à une époque où on ne connaissait, pour produire le jus, que la méthode des presses; il était en effet plus simple que ce dernier système, et, tout en supprimant complètement les machines, l'emploi des sacs à pulpe si dispendieux, il assurait une séparation du sucre presque totale. Mais, si la quantité du jus qu'on obtenait ainsi était le plus souvent très-avantageuse, il n'en était pas toujours de même de la qualité. L'épuisement complet des lanières exigeait au moins six heures; un séjour aussi prolongé du jus dans les diverses cuves, où il se refroidissait presque inévitablement, laissait la porte grande ouverte à la fermentation. D'autre part, par suite de l'action de l'eau chaude sur la pectose des betteraves, on obtenait des jus chargés de pectine, visqueux, de nuance très-foncée, qui ne donnaient à leur tour que des sucres visqueux et colorés. Dombasle annonce, il est vrai, avoir obtenu encore de beaux résultats par une macération de huit heures, mais, à un autre endroit de sa brochure, il reconnait qu'une macération de 16 heures lui avait donné des jus colorés d'une cuite difficile. L'addition de chaux pouvait bien empêcher la fermentation, mais elle n'atténuait en rien la formation de la pectine aux dépens de la pectose de la pulpe. Au lieu d'une macération, suivant le nom donné par Dombasle lui-même à son procédé, ce mode de travail était donc plutôt une digestion, puisqu'on y employait l'eau chaude, tandis que dans le langage de la chimie, l'expression macérer se rapporte toujours à un épuisement à froid.

En 1837, le lévigateur de Pelletan s'introduisit dans un grand nombre de fabriques de sucre. Il était formé par une vis d'Archimède inclinée, composée de 24 éléments, et à

laquelle on imprimait un mouvement de rotation. Chaque élément plongeait dans une chambre d'un tambour en tôle, et reprenait la pulpe pour l'amener dans la chambre suivante placée à un niveau supérieur. Les chambres communiquaient entre elles par des conduits extérieurs, de telle sorte que le liquide passait du fond d'une des divisions à la partie supérieure de la suivante. La pulpe était distribuée au bas de l'appareil et devait arriver en haut complètement épuisée, pendant que l'eau, suivant la marche inverse, arrivait par le haut et sortait en bas à l'état de jus. Le principe qui servait de base à ce procédé fut, à juste titre, universellement apprécié. La machine pouvait rendre beaucoup en ne dépensant que peu de force, et la production du jus devenait indépendante des ouvriers, car l'installation n'exigeait que deux hommes pour la desservir sans difficulté. Pelletan fut donc, à proprement parler, le premier qui essaya de la macération froide, et le système postérieur de Schutzenbach n'est que l'expression de la même idée sous une autre forme. Les jus qu'on obtenait ainsi paraissent avoir été très-beaux, et il semble que le seul motif qui ait fait renoncer à ce dispositif ingénieux ait été la difficulté de séparer les particules solides entrainées avec le jus. Du reste, je n'ai trouvé dans aucun ouvrage spécial de données précises sur la quantité et la nature des jus qu'on produisait avec cet appareil.

Reichenbach construisit sur ces entrefaites une machine qu'il nomma l'Édulcorateur, et qui se distingue essentiellement du Lévigateur de Pelletan, en ce que l'on faisait intervenir l'action de la chaleur dans des espaces fermés.

Hallette et Boucherie disposèrent à leur tour un cylindre vertical, dans lequel tournait une vis d'Archimède également verticale et dont les palettes étaient percées de trous. Les betteraves divisées étaient amenées à la partie inférieure par un second cylindre, réuni au premier; elles étaient remontées et sortaient par le haut, tandis que l'eau circulait en sens inverse. On pouvait employer la vapeur, dans cet appareil de façon à utiliser l'action de la chaleur. Si l'on examine de

plus près cette disposition, ce n'est à proprement parler que le Lévigateur de Pelletan, mais établi verticalement. Dans ces derniers temps, on a essayé à Magdebourg un appareil analogue, mais sans succès.

Martin et Champonnois avaient construit un siphon renversé dans lequel se mouvait une chaîne sans fin allant en descendant dans une des branches, en montant dans l'autre. Sur la chaîne étaient fixées des palettes de même section que le tuyau et qui formaient des chambres où les lanières de betteraves se trouvaient en contact avec l'eau marchant en sens inverse.

En Russie, Schiskoff essaya de répandre la macération à l'eau chaude dans de petits vases ouverts, mais ces tentatives n'aboutirent qu'à un insuccès complet et on remplaça les appareils de ce genre, dans la plupart des établissements, par des presses. En résumé, jusqu'à ce jour, la macération des betteraves vertes par l'eau chaude n'a jamais donné de résultats satisfaisants. Non pas que le rendement en jus soit trop faible, loin de là, car ce rendement est un des plus élevés qu'on ait jamais atteints, mais cet avantage est compensé par la constitution généralement mauvaise des jus qu'on produit, au point que la macération à chaud, même quand elle livre aux chaudières de défécation la totalité du jus des betteraves rend en fin de compte moins de sucre à l'état de cristaux que le travail avec les presses qui extrait 10 % en moins de jus. — C'est un fait incontestable, que toutes les masses cuites provenant de jus de macération à l'eau chaude cristallisent plus difficilement et plus lentement que les autres.

La cause peut en être due à la proportion de pectine que renferment les jus. Ainsi que nous l'avons vu en parlant du procédé de Dombasle, l'action de l'eau chaude sur la pulpe transforme la pectose, insoluble par elle-même, en pectine soluble. Ainsi les pulpes de betteraves donnent, comme on le sait, par une cuisson prolongée avec de l'eau, une dissolution riche en pectine. La pectose des cellules se dissout encore plus facilement si on la soumet à la cuisson avec une lessive

alcaline étendue, (potasse, soude ou sels de potasse). Or, une partie en poids de pectine dissoute dans le jus peut empêcher la cristallisation de 15 parties de sucre.

La fabrique de M. Robert, à Seelowitz en Moravie, est la principale fabrique d'Allemagne où l'on ait appliqué pendant longtemps sur une grande échelle la macération des cossettes fraiches avec l'eau chaude. Le travail de cette usine peut être pris comme type de toutes les installations analogues. La division des betteraves se fait avec une machine à hacher très-rationnelle, dont les figures 81 et 82 représentent la disposition. Les betteraves nettoyées tombent dans la trémie *b* et rencontrent un plateau *a a* qui tourne horizontalement et porte trois séries de couteaux d'acier disposés à angle droit les uns sur les autres (fig. 82). La racine se trouve ainsi divisée en

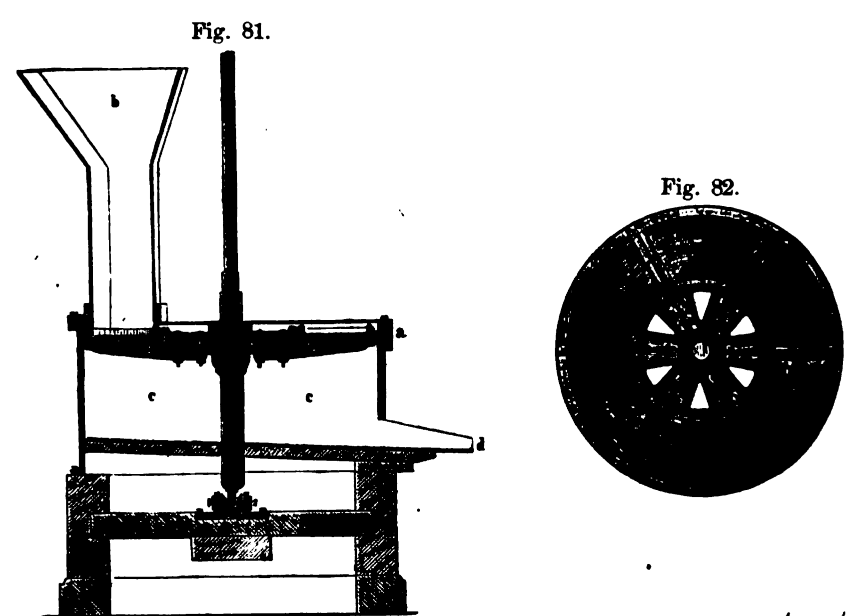


Fig. 81.

Fig. 82.

prismes rectangulaires de l'épaisseur du doigt et de longueur variable, sans qu'elle ait à souffrir d'écrasement ou de pression. Les cossettes tombent dans l'espace *c c* et sortent par une ouverture *d*, ménagée dans l'enveloppe en fonte qui entoure la partie mobile. Elles sont reçues dans de petits wagons roulant sur

des rails qui les conduisent aux cuves à macération (fig. 83). La machine à couper n'exige qu'une force d'un cheval et demi pour un travail de 100,000 k^{os} par 24 heures. La main-d'œuvre est d'ailleurs très-restreinte.

La macération des cessettes se fait à Seelowitz dans une batterie de cylindres dont la figure 83 représente l'élévation, la figure 84 le plan.

Ces cylindres sont en tôle et sont fermés à leurs extrémités par des fonds bombés sur l'un desquels est ménagé le trou d'homme *e*. Au fond de chaque cylindre est un serpentin à spirale en cuivre qui permet de chauffer à la vapeur et de maintenir au degré voulu la température du liquide de macération. Au dessus, se trouve un grillage métallique, sur lequel reposent les betteraves divisées, et qui les empêche de venir en contact direct avec les tuyaux de vapeur pendant la durée de la macération. Un trou d'homme *f* est établi sur le côté, immédiatement au dessus du grillage, et permet de vider facilement le cylindre quand l'épuisement est complet.

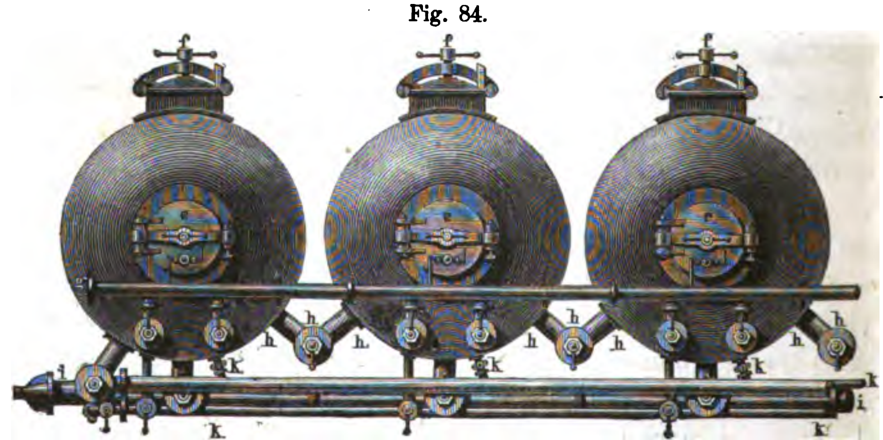
Les vases de macération, dont le nombre varie de six à vingt, sont tous réunis entre eux par des tuyaux, de façon que le jus parte du bas de chacun d'eux en *h* pour se rendre à la partie supérieure du vase suivant. Cette circulation du jus est réglée par les robinets de barrage *h' h'*. En outre, chaque cylindre est muni d'un robinet à air *l*, d'un tuyau d'arrivée d'eau *g' g'* en haut et d'un robinet de vidange *i* à la partie inférieure.

Le travail de ces batteries est extrèmement simple. Les vases sont remplis de cossettes de betteraves par le trou d'homme supérieur et refermés; on laisse alors arriver l'eau dans le premier cylindre. Le jus ainsi produit remonte par le tuyau de jonction *h* et le robinet *h'* dans le deuxième cylindre également rempli de cossettes. Il s'y concentre davantage, passe dans le troisième puis dans le quatrième et ainsi de suite, la circulation continuant jusqu'à ce que le liquide atteigne un degré aréométrique à peu près égal à celui du jus naturel. A ce moment, on laisse le jus concentré couler du vase correspondant (le der-

nier de la série), dans la chaudière à déféquer et on prolonge cet écoulement tant que le liquide est suffisamment dense. Dans la pratique, le volume qu'on envoie ainsi à la défécation est

Fig. 83.

Fig. 84.



déterminé à l'avance et toujours le même. Le jus moins concentré qui vient ensuite est dirigé par *h* dans le cylindre suivant où il rencontre une nouvelle charge de betteraves fraiches,

et d'où on le laisse couler ensuite dans la chaudière. On prolonge l'épuisement des cossettes dans le premier cylindre jusqu'à ce que le liquide qui en sort marque 0° Baumé. On met alors ce vase hors de service et on en retire les cossettes épuisées par le trou d'homme ménagé sur le côté et qui débouche hors de la salle où se trouve la batterie. Le vase bien nettoyé reçoit ensuite à l'intérieur un badigeon avec un lait de chaux faible. Les tuyaux de circulation du jus *h* sont nettoyés et lavés avec un jet de vapeur. Pendant toute la durée de l'opération, la température doit être maintenue constante dans les cylindres et à peu près à 85°. Dans la pratique, on règle cette température sans thermomètre, en touchant les tuyaux de circulation *hh*. La sensation produite suffit pour donner une indication exacte de la température du jus qui y passe. L'eau ne doit pas circuler trop rapidement dans les cylindres, et il importe de lui laisser un temps suffisant pour assurer son contact complet avec la pulpe et son introduction dans l'intérieur de la masse. Aussi, pour ce motif, ne fait-on marcher les liquides que sous une faible charge. Le réservoir à eau qui alimente la batterie ne doit pas être établi à plus de 2 mètres au dessus du niveau supérieur des cylindres. Cette charge, si faible qu'elle soit, suffit parfaitement pour assurer une circulation convenable. Une pression plus forte empêcherait le liquide de se répartir régulièrement et le forcerait à se frayer des passages en certains points de la masse. En outre, un excès de pression et un écoulement trop rapide seraient la cause de nombreuses difficultés dans le travail.

Quant aux résultats de cette macération, je ne puis donner aucune conclusion basée sur des expériences personnelles, et comme nul ne serait mieux en état de juger la méthode que le fabricant lui-même, je me permettrai de reproduire ses propres paroles:

„L'installation des appareils nécessaires pour une macération convenable est beaucoup moins coûteuse que celle des presses pour une même quantité de betteraves travaillées. Les frais d'entretien et de réparation sont insignifiants; la dépense en

vapeür et en main-d'œuvre est à peu près le tiers de celle que l'on admet pour les presses. Un ajusteur est plus que suffisant pour maintenir le tout en bon état. Seulement, la macération exige de l'eau; elle réclame dans la rotation du travail une certaine continuité qu'on ne saurait troubler sans pertes réelles. Les résidus représentent jusqu'à 58 % du poids des betteraves. En général, la macération par l'eau chaude est peu connue, ses principes sont à peine compris et, presque nulle part, on ne l'a employée en se conformant aux indications d'une saine théorie. Aussi, a-t-elle donné lieu à des plaintes nombreuses de la part de ceux qui l'ont essayée sans guide suffisant. On a dit que la betterave n'était pas complètement épuisée, que le jus se diluant au contact de l'eau exigeait des frais d'évaporation plus grands; que son épuration était inégale et incomplète, que les produits qu'on en retirait étaient inférieurs tant en qualité qu'en quantité, enfin que le travail des écumes de défécation, produites en proportion beaucoup plus grande qu'avant, créait des difficultés insurmontables. On ne peut nier qu'avec des manipulations mal dirigées ces plaintes ne soient parfaitement fondées, mais elles perdent de leur importance et disparaissent même entièrement (?) si la macération est bien conduite et bien calculée. Pour faire disparaître ces inconvénients, il suffit en effet de maintenir constamment toute la batterie à une température de 82 à 85° et de régler l'arrivée d'eau sous une pression faible mais constante, de façon que le liquide se déplace par couches, qu'il ne passe pas trop vite sur les cossettes, et que le jus puisse se séparer complètement des cellules auxquelles il adhère. Si l'on opère à la température que nous venons d'indiquer et si on la maintient réellement constante, on évite toute altération. La lenteur et la régularité de l'épuisement n'assurent pas toujours l'enlèvement complet du jus renfermé dans les cellules, mais néanmoins la macération a sur les presses ce grand avantage que, pour des betteraves riches en sucre, malgré la forte proportion d'eau employée au déplacement, le jus est moins étendu d'eau qu'il ne l'est avec les presses, où l'on doit

faire couler beaucoup d'eau à la râpe si l'on veut obtenir le même rendement (?).

Les résidus de la macération contiennent à l'état coagulé la matière albumineuse, c'est-à-dire l'élément nutritif par excellence de la betterave, tandis que cette matière est en majeure partie perdue avec les presses. Comme, d'un autre côté, les animaux s'assimilent d'une manière plus facile et plus complète la matière ligneuse des cellules cuites, il est incontestable que les résidus de 100 k°ˢ de betteraves macérées contiennent plus d'éléments nutritifs que la pulpe provenant de la pression d'un même poids de matières."

Sans contester la valeur plus grande comme nourriture de ces résidus à l'état frais, on ne doit pas oublier cependant qu'ils ne se conservent pas.

Schutzenbach a proposé, il y a déjà nombre d'années, un autre procédé de macération, la macération des cossettes desséchées. La macération de la pulpe fraiche ne réussit, comme on l'a vu plus haut, qu'en employant de la pulpe très-fine et en la mélangeant au liquide avec des agitateurs; les cossettes fraiches ne se laissent épuiser que d'une façon inégale, pénible et peu avantageuse. Il en est tout autrement des cossettes desséchées. On peut les épuiser très-facilement et d'une manière complète sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à aucun moyen mécanique. C'est dans ce point que réside l'avantage de la méthode proposée par Schutzenbach.

D'autre part, on a dit, en faveur du procédé par dessiccation, que les cossettes desséchées peuvent se conserver beaucoup plus longtemps que les betteraves fraiches, que par suite le fabricant trouve avec elles le moyen de prolonger son travail toute l'année, tandis qu'avec des betteraves vertes, la campagne ne saurait durer plus de 4 ou 5 mois d'hiver. Il en résulte une meilleure utilisation du capital mort, et une plus grande facilité pour le recrutement du personnel auvrier. La dessiccation réduit au 5° le poids des betteraves, et diminue

par suite dans le même rapport les frais de transport de la matière brute. La fabrique peut donc quintupler le rayon dans lequel elle s'alimente sans supplément de dépense. Par suite, elle peut implanter la culture de la betterave chez des fermiers qui possèdent de bonnes terres mais que leur éloignement forçait à conserver d'autres cultures. De cette façon, on crée pour l'usine des sources de matière première dont on n'aurait pu songer à profiter sans la dessiccation. Enfin, la macération des cossettes desséchées offre cet avantage que, si la fabrication est arrêtée, la matière première n'est pas perdue par cela même, ainsi qu'il arrive dans les fabriques où on est forcé de travailler tout l'approvisionnement en cinq mois et où l'on est contraint de vendre les betteraves à perte si l'usine est arrêtée par un accident.

Mais, à côté de ces divers avantages que nous venons d'énumérer, il convient de noter les inconvénients qui font en réalité de la dessiccation un procédé désavantageux de production du jus. La betterave ne saurait être divisée et desséchée sans que le sucre ne s'altère en partie, et, avec des cossettes foncées ou noires, on ne saurait naturellement obtenir des jus incolores. Il faut donc avant tout réaliser la condition fondamentale du procédé, c'est-à-dire la dessiccation complète des cossettes sans que celles-ci s'altèrent ou brunissent. Or, jusqu'à présent, ce résultat n'a pu encore être atteint. On a bien proposé le chauffage sur des soles, dans des fours où la fumée n'est pas en contact avec les cossettes, mais ce procédé lent et coûteux laisse encore à désirer. Enfin la betterave desséchée est loin d'être une matière qui puisse se conserver longtemps sans altération, à moins qu'on ne la protège suffisamment contre l'humidité, ce qui ne saurait se faire sans des frais importants.

Pour diviser les betteraves, on se sert de la machine que nous avons déjà décrite (fig. 82 et 83), à propos de la macération à chaud de la racine fraiche. — Les tranches de betteraves de faible épaisseur qu'on obtient ainsi sont étendues en couche mince sur des claies dans une salle où l'on fait arriver

de l'air chaud ou de la fumée. Dans ces conditions, il est souvent difficile d'empêcher que certaines parties ne s'échauffent trop, ne se colorent, et, comme conséquence inévitable, que le sucre ne s'altère.

L'extraction du jus des cossettes desséchées se fait dans des vases de macération identiques à ceux qu'emploie la macération à l'eau chaude des cossettes fraiches (figures 84 et 85).

Pour faciliter l'extraction du jus, les cossettes desséchées sont au préalable imprégnées d'un lait de chaux. A Waghaüsel, on emploie avec avantage pour ce mélange une machine analogue aux moulins à sucre, et on ajoute 4 k^{os} de chaux pour 100 k^{os} de cossettes.

Les matières ainsi distendues ou ramollies sont placées dans des vases d'épuisement de $2^m,10$ de haut, dont chacun reçoit 1,500 k^{os} de cossettes desséchées. On emploie en tout vingt vases de macération, dont 15 à 16 sont remplis de cossettes sur lesquelles circule le liquide de macération qui sort pour aller à la défécation avec une densité de 18 à 20° B. La charge sous laquelle s'effectue le mouvement des liquides est d'environ 5 mètres. L'eau est maintenue dans l'intérieur de la batterie à une température de 60 à 95° à l'aide de serpentins de vapeur. En outre, on a reconnu la nécessité d'ajouter dans chaque vase, de 3 en 3 heures, 5 à 6 k^{os} de chaux, de surchauler, suivant l'expression employée, de sorte qu'on dépense en réalité au moins 6 k^{os} de chaux par 100 k^{os} de cossettes soit 1,1 % du poids des betteraves fraiches. Le jus qu'on retire est très-coloré, fortement calcaire, et, en vertu même de cet excès de chaux, il arrive aux opérations suivantes déjà clarifié et déféqué. Pour un travail journalier de 50,000 k^{os} de cossettes sèches représentant environ 275,000 k^{os} de betteraves fraiches, il suffit de 15 ouvriers par poste, soit 30 par jour, de façon que la proportion n'est que de six hommes par 50,000 k^{os} de betteraves fraiches. C'est en réalité la réduction au minimum de la main-d'œuvre d'extraction, mais il ne faut pas oublier que la dessiccation de 50,000 k^{os} de betteraves occupe environ 130 ouvriers.

Les frais de dessiccation peuvent s'évaluer approximativement ainsi qu'il suit pour 100 k^{os} de cossettes sèches.

Main d'œuvre	1^{f},75
Combustible	3^{f},25
Réparations	0^{f},25
Force motrice	0^{f},40
Divers	0^{f},75
Total	6^{f},40

100 k^{os} de cossettes sèches représentant dans le cas le plus favorable 550 k^{os} de betteraves fraiches, il en résulte que les frais de dessiccation par 100 k^{os} de betteraves s'élèvent à près de 1^{f},20. Si l'on prend comme valeur de 100 k^{os} de betteraves fraiches 2^{f},40, les cossettes desséchées produites par les 100 k^{os} de betteraves coûteront 3^{f},60, c'est-à-dire un peu plus que le prix de revient de 100 k^{os} de jus retirés des betteraves fraiches par la plus désavantageuse des méthodes ordinaires. (Voir les calculs relatifs aux diverses méthodes d'extraction).

Aussi, est-ce avec raison que Liebig apprécie comme suit le procédé de Schutzenbach: "il exige une première dépense importante de combustible pour enlever aux betteraves la totalité de leur eau. Pour l'épuisement il faut de nouveau ajouter de l'eau, dont l'évaporation coûte elle-même du combustible. Dans les autres modes de production du jus, on n'a à évaporer qu'une fois le dissolvant du sucre, l'eau; ici, les frais de combustible figurent en double. Enfin, les résidus sont complètement inutilisables comme nourriture du bétail, et ne peuvent tout au plus servir que comme engrais pour la terre."

D'autres fabriques, travaillant d'après le même procédé, divisent les cossettes desséchées avec une sorte de râpe et humectent cette poudre avec un lait de chaux. Dans les deux cas, les résultats sont les mêmes et ils sont loin d'être les plus avantageux.

On peut se proposer d'évaluer pour les cossettes desséchées le prix de revient de 100 k^{os} de jus ramené à sa densité initiale, en prenant les mêmes éléments que dans les calculs donnés plus haut pour les autres méthodes d'extraction.

a.	6,000,000 de k^{os} de betteraves à 24^{f} . .		144,000^{f}
b.	Transport et nettoyage		4,030 -
c.	Intérêt et amortissement de l'installation:		
	Four à dessécher . . 36,000^{f}	72,000^{f}	
	Pour la macération . 36,000 -	à 10 %	7,200 -
d.	Dessiccation des betteraves à 1^{f},20 par 100 k^{os}		72,000 -
e.	Main-d'œuvre — 6 hommes par jour, soit pour 120 jours 720 à 1^{f},20		864 -
f.	Réparations, etc.		1,800 -
	Total . . .		229,894^{f}

Le jus ainsi obtenu marque 10° Baumé, c'est-à-dire qu'il est trois fois plus concentré que le jus naturel. Il faut donc, de la dépense qui précède, retrancher celle qui représenterait les frais d'évaporation qu'eût exigé cette proportion d'eau, si l'on eût opéré avec une autre méthode de production sur des jus à densité naturelle. Ces frais sont au maximum, (en admettant 5 k^{os} de vapeur par kilog. de charbon), de 620 tonnes de houille, soit à 36^{f} 22,320^{f}, il reste donc comme dépense nette 207,574^{f}.

Admettons même, quoiqu'elle soit impossible à atteindre, une extraction complète du jus. A raison de 95 %, la production du jus sera de 5,650,000 k^{os} et le prix de revient de 100 k^{os} s'élève encore à 3^{f},67, tandis que pour les autres procédés d'extraction, en travaillant la betterave fraiche, le prix de revient est inférieur à 3^{f},58. On voit que dans le procédé de Schutzenbach le jus coûte au moins 0^{f},10 de plus par 100 k^{os}, et encore ce jus est-il d'une qualité incomparablement plus mauvaise, car 100 k^{os} de jus de betteraves vertes donnent notablement plus de sucre cristallisé et du sucre plus beau que 100 parties de jus provenant de cossettes desséchées.

Enfin, il convient de noter que, dans le traitement des betteraves vertes, la vapeur des machines suffit à peu-près pour amener le jus à 18° Baumé, qu'en utilisant les retours on peut par suite, sans dépense supplémentaire, obtenir le jus à une concentration triple de sa concentration initiale. Il en résulte qu'à proprement parler il ne faudrait pas défalquer les

22,464^f de combustible dans le compte précédent. Dans ce cas, la dépense serait de 229,894^f et le prix de revieut du jus par 100 k^os de près de 4^f,10.

La macération des cossettes desséchées par le procédé de Schutzenbach n'offre donc aucun avantage sur les autres méthodes plus employées, et elle mérite parfaitement les objections nombreuses qu'on lui fait dans la pratique. La spéculation a eu beau monter cette méthode en grand dans certaines usines modèles, elle est restée seule dans cette voie. Aucun fabricant intelligent ne l'a suivie, aucun ne voudrait grèver sa fabrication de dépenses aussi peu productives.

Les résidus de la macération, plus difficilement utilisables à cause de leur teneur en chaux, ont, d'après le docteur Grouven, la composition suivante:

Pour 100 parties, en poids.	Résidus de macération à Waghäusel.	
	frais	fermentés
Eau	79,60	74,80
Matières azotées	2,33	3,30
Sucre	—	—
Graisse	0,13	0,10
Extrait aqueux	1,73	2,93
Combinaisons organiques non azotées	4,70	8,11
Cellulose	4,30	4,00
Cendres [1]	5,87	6,17
Sable et argile	1,34	0,59
Totaux	100,00	100,00

La valeur de ces résidus comme nourriture représente de 1^f,20 à 1^f,30 par 100 k^os en comptant le fourrage à 60^f les 1000 k^os. Cette valeur est donc inférieure à celle de la pulpe de pression.

On a proposé pour améliorer le jus, en le déféquant avant qu'il ne se sépare de la matière ligneuse, d'ajouter à la pulpe de betteraves fraiches et avant son travail une forte proportion

1) La cendre est principalement formée de chaux et de silice.

de chaux. Mais, dans ces conditions, le jus ne s'améliore pas ou du moins trop peu pour compenser la perte de valeur des résidus chaulés. En outre, la pulpe chargée de chaux se presse plus difficilement bien qu'elle devienne plus grenue et plus sèche. Le jus qu'on obtient ainsi est d'ailleurs clair et brillant comme du jus déféqué.

Dans cette liste des méthodes d'extraction du jus par macération, il convient de rappeler encore les filtres-presses du comte Réal, dont M. Baudrimont se servait pour extraire le jus de la pulpe à l'aide de la pression d'une colonne d'eau. On combinait ainsi en réalité l'épuisement, la filtration et la pression. Le jus était déplacé très-lentement, en douze heures, dans des tuyaux de $0^m,12$ de diamètre sous une faible pression. Au commencement, les $^2/_3$ du jus sortaient sans être mélangés d'eau, mais la densité diminuait ensuite peu à peu jusqu'à ce qu'enfin il ne sortît plus qu'un liquide sucré renfermant à peu-près $^4/_5{}^{es}$ d'eau pour $^1/_5{}^e$ de jus normal. Sous des pressions plus fortes, avec une charge d'eau de 10^m, la pulpe s'épuisait en une demi-heure, le jus recueilli contenait 50 % d'eau. Enfin, sous une charge d'eau de 180 à 200^m, les $^3/_4$ du jus sortaient sans mélange d'eau, et le dernier quart contenait un volume d'eau égal au sien, de telle sorte que la totalité du jus était en somme étendue de 25 % d'eau. Sous des pressions encore plus fortes, la pulpe se comprimait et ne laissait plus rien filtrer. Ces essais de Baudrimont semblent prouver que la quantité d'eau qui passe dans le jus est en raison inverse de la pression; plus celle-ci est forte, moins le jus est dilué, moins il faut d'eau pour l'épuisement. On a essayé maintes fois de déplacer le jus par l'air au lieu de l'eau, mais jusqu'ici sans succès. Il en a été de même pour l'extraction par le vide. On ne put obtenir aucun résultat favorable, d'autant plus que dans ce cas la pression restait forcément limitée au dessous d'une atmosphère.

Chapitre IX.

Du procédé de diffusion de Robert.

Dans le chapitre relatif à la macération à froid de Schutzenbach, (pag. 455), nous avons déjà signalé que ce procédé d'extraction supprimait complètement l'emploi des moyens mécaniques et ne conservait que l'eau comme agent principal et pour ainsi dire unique. Nous avons vu que, dans ces conditions, un grand rôle revenait à l'Osmose, qu'on la désigne sous les noms d'Endosmose, de pénétration, d'imbibition, d'infiltration, ou d'Exosmose, c'est-à-dire d'expulsion, d'épuisement, etc. Il en est de même dans le procédé dont nous allons nous occuper, qu'on a désigné sous le nom de diffusion, et qui n'est au fond autre chose qu'une macération par Osmose.[1]

Il convient de remarquer ici que le premier rapport de la Commission d'examen, publié en 1865 dans le journal de l'association allemande. (tôme 15, page 86), signale la méthode de diffusion comme une invention nouvelle. Pour nous, dans les pages qui suivent, nous nous bornerons à résumer l'historique du développement de cette méthode d'après les renseignements que nous avons pu recueillir, laissant au lecteur à prononcer sur cette question de nouveauté.

Le procédé en lui-même consiste à diviser les betteraves avec un hachoir en tranches très-minces, de 1 à 2 $^m/_m$ d'épaisseur, de 5 à 10$^m/_m$ de large, de façon à leur donner la forme de lanières ou de fragments de rubans. Les betteraves ainsi divisées sont portées dans de grands vases métalliques fermés analogues à ceux que nous avons décrits (pages 451 et 452) et qui se retrouvent déjà figurés dans notre édition de 1854. Les

1) Dans la sucrerie indigène du 7 Janvier 1869, on trouve, page 270:
"Le procédé Robert n'est en réalité autre chose que la macération Dombasle modifiée et habillée d'un nom nouveau emprunté aux conclusions de mes recherches scientifiques, et le macérateur utilisé n'est qu'une reproduction de l'extracteur de M. Duquesne employé pendant longtemps pour la macération des betteraves vertes ou desséchées." (Dubrunfaut.)

betteraves sont mises en contact et mélangées avec les jus chauffés de l'opération précédente, puis épuisées alors par l'eau froide. Le jus dilué est échauffé au préalable jusqu'à 75 ou 90°, de façon à ce que le mélange avec les betteraves prenne une température moyenne de 50°, laquelle est indiquée comme une condition essentielle du succès de la diffusion.

La différence entre la méthode actuelle et celle de la macération à chaud, décrite dans le chapitre précédent et dans nos éditions antérieures, consiste donc essentiellement en ce que l'on chauffait le liquide jusqu'à 82 ou 85° au contact des cossettes, tandis que dans le procédé de diffusion, les jus étendus sont portés à 90° dans un vase spécial et avant de se trouver en contact avec les lanières de betteraves. L'eau ou le jus ainsi échauffés au préalable doivent donner à la masse une température moyenne de 50° que l'on considère comme essentielle. Le déplacement du jus réchauffé se fait ensuite par de l'eau en charge venant d'un réservoir placé à un niveau supérieur. Dans ces conditions, l'eau froide parcourt toute la batterie (de 5 à 8 vases), en chassant devant elle le jus qui s'y trouvait et qu'elle fait circuler.

Cette idée était appliquée depuis longtemps, ainsi qu'il est facile de le démontrer; Siemens, dans la chimie de Muspratt (1862 page 133), indique *comme connue et recommandée depuis longtemps* l'idée d'épuiser les cossettes de betteraves par de l'eau *froide*, *après les avoir portées à une température plus élevée:* "Au commencement de l'année 1840, Dombasle obtint des résultats plus satisfaisants de la macération, en chauffant les cossettes fraiches jusqu'au point où leur force vitale est détruite et où elle se fanent, puis en les épuisant ensuite simplement par de l'eau froide." De même et avant cette date, en 1836, on avait proposé, comme on le verra plus loin, de chauffer le premier liquide de macération jusqu'à 90° dans des vases spéciaux. L'épuisement des cossettes par l'eau froide était d'ailleurs un fait connu depuis longtemps et tombé dans le domaine public. Dans le livre du fabricant de sucre et du raffineur, publié par M. Mauny de Mornay en 1836, (Paris,

Librairie encyclopédique de Roret), je trouve, page 93, après une étude sur la macération, le passage suivant: "Une grande amélioration a été apportée depuis: la macération s'opère aujourd'hui en versant sur le premier tonneau de l'eau à 90° centigrades qui de là passe dans tous les autres cuviers pour épuiser les tranches de betteraves, et cela *sans qu'elle soit réchauffée de nouveau.* On voit que par là la chaleur causera le moins d'altération possible, inconvénient qui rendait la macération presque impraticable."

Il est donc incontestable que dans le cas actuel on recommande l'emploi du liquide de macération à une température de 90°. L'échauffement se fait dans un cuvier spécial, sans que le liquide soit en contact avec les betteraves pendant qu'on élève sa température, et il me semble difficile de ne pas trouver là la première trace du procédé d'aujourd'hui, qui consiste à échauffer le liquide jusqu'à 90° dans des vases séparés.

Si donc, dans la diffusion, on attache une importance spéciale à obtenir une température de 50° par le mélange du liquide de macération chauffé à 90° et des cossettes froides, c'est précisément ce qui était fait et publié dès 1836 et on procédait exactement de la même manière que dans la méthode (nouvelle?) de la diffusion aujourd'hui. Ce n'est dès-lors ni cette idée ni ce procédé que l'on peut regarder comme d'invention récente, puisque l'on emploie exactement les mêmes moyens qu'avant, et de la même manière. Si, au point de vue théorique, on prétend que la destruction de la force vitale des betteraves considérée autrefois comme nécessaire ne l'est plus aujourd'hui, mais qu'il s'agit simplement, en portant la température à 50°, de désagréger la substance intercellulaire de la pulpe, de façon à ce qu'elle ne gêne plus la sortie du jus sucré, et en même temps d'empêcher la formation de la pectine soluble qui rend les jus moins purs, ce peut être là une explication exacte du phénomène, mais le fait en lui-même d'échauffer le liquide de macération à 90° (dans des vases spéciaux), de façon à arriver à 50° par le mélange de liquide avec la pulpe froide, ce fait, dis-je, était connu depuis longtemps, et c'est

le même qu'on cherche à remettre en évidence à nouveau, c'est le même qui aujourd'hui encore forme la base de la méthode soi-disant nouvelle de la diffusion.

Nous venons de prouver que, dès l'année 1836, on savait régler exactement les températures convenables pour le travail, qu'on savait les maintenir constantes dans les diverses phases de l'opération.

Que si, à cette époque, connaissant comme aujourd'hui le nécessité d'échauffer les cossettes avec du liquide à 90°, l'on cherchait à faire ressortir cette nécessité par l'hypothèse de la destruction de la force vitale dans les racines, tandis qu'aujourd'hui on a recours à d'autres explications, c'est un fait d'autant moins important pour la pratique qu'aujourd'hui comme avant on a conservé les mêmes moyens, fixé les mêmes limites à la température. C'était, et c'est un fait bien constaté, que, sans l'échauffement préalable des cossettes avec du liquide de macération à 90°, l'extraction du sucre, la diffusion, exigeraient beaucoup trop de temps, que dès-lors ce procédé serait inadmissible. L'échauffement des liquides et des cossettes, tel qu'on le proposait en 1836 et 1840, aux mêmes températures qu'aujourd'hui, a donc été reconnu de tout temps indispensable pour un travail rapide et avantageux. Dans ces conditions, on a beau motiver cette même méthode par d'autres considérations théoriques, nul ne peut contester, ce me semble, après les dates qui précèdent, que les conditions principales et l'idée mère de la diffusion n'aient été publiées depuis longtemps et n'appartiennent par conséquent au domaine public de l'industrie dans tous les pays.

Toutefois, en dehors du côté de la question que nous venons d'examiner, le nouveau procédé présente une amélioration que je m'empresse de reconnaître. Les lanières de betteraves sont coupées aussi fin que possible, résultat que permet d'atteindre la perfection du hachoir employé. Les recherches théoriques aussi bien que l'expérience pratique établissent que, pour toutes les méthodes d'extraction, sans exception, l'épuisement de la pulpe est d'autant plus facile et d'autant plus

rapide que la betterave a été plus divisée. Ce principe est presque aussi vieux que l'industrie même de la sucrerie, et son application spéciale à la macération des cossettes par un liquide chauffé à 90° se trouve précisément indiquée dans les termes suivants à la page 96 de l'ouvrage que nous avons déjà cité: "Il y a un grand avantage à *diviser autant que possible* la betterave, et surtout à la couper en rubans, parce que sous cette forme, elle se laisse mieux attaquer par l'eau." Depuis cette époque, les progrès de la construction mécanique ont pu permettre de couper les betteraves sur une épaisseur moindre que celle de $5^{m}/_{m}$ indiquée plus haut, mais, si c'est là une amélioration dans une voie suivie depuis longtemps, ce n'est en aucune sorte une invention! Le principe de diviser la betterave en lanières aussi fines que possible était connu et publié depuis longtemps, et cette condition avait été résolue, soit sous une forme, soit sous une autre, aussi complètement que le permettait l'art du constructeur.

En résumé, la conclusion qui s'impose naturellement à l'esprit, c'est que la diffusion n'est à aucun titre un procédé nouveau, une invention récente. On a pu améliorer quelques détails, mais c'est tout. C'est également à cette conclusion qu'est arrivé M. Dubrunfaut. Dans le numéro 16 du journal des fabricants de sucre, (1er Août 1867), il exprime son opinion dans ces termes: "Ce procédé ne serait en réalité qu'une macération Dombasle perfectionnée." Or, comme ces perfectionnements ne sont pas de leur nature essentiels, que leurs éléments étaient déjà connus, on ne saurait présenter l'ensemble de la diffusion comme une invention, et surtout comme une invention récente. Aussi, lorsque les journaux parlent du privilège d'exploitation du procédé bréveté de la diffusion, ils ne s'adressent qu'aux fabricants crédules et mal au courant de l'histoire des méthodes dans leur industrie. Un procédé quelconque n'est brévetable que du moment où il est nouveau, qu'il n'a été publié ni dans les journaux ni dans les livres, qu'il n'appartient pas au domaine public. On ne saurait bréveter ce qui était déjà connu et dépouiller le public des recherches anté-

rieurement publiées, de ce qui est sa propriété incontestable. Si l'on applique ces principes à la méthode de diffusion, il est certain qu'elle ne renferme rien d'absolument nouveau, ni au point de vue des opérations, (nous avons prouvé que le chauffage à 90° du liquide de macération dans des vases séparés était connu depuis longtemps), ni au point de vue de la construction des appareils, car ceux qu'on emploie sont exactement semblables à ceux dont on se servait avant et qui figuraient déjà dans la première édition de cet ouvrage.

Dans ces conditions, on peut s'étonner de trouver dans une publication des réprésentants de M. Robert, Janvier 1868, que: "M. Rau a acquis pour la Russie le privilège exclusif de la construction des appareils nécessaires pour ce prcédé." Il suffit de se reporter aux faits que nous avons consignés dans les pages qui précèdent pour détruire ces prétentions insoutenables, restrictives et qui paralyseraient l'essor de l'industrie. Au mieux aller, c'est une confusion. Quoiqu'il en soit, on a demandé à certaines usines 1400 roubles de prime pour ce brevet, à d'autres fabriques de la Russie méridionale jusqu'à 3,000 roubles. Or, comme dans toutes les opérations du procédé par diffusion, je ne trouve rien qui ne fût connu depuis longtemps par tous les industriels, mon avis est que nul ne saurait être tenu à payer une redevance pour ce procédé s'il estime que son application lui serait avantageuse. C'est du moins ce qui me semble ressortir peremptoirement de l'histoire de cette méthode. Au reste, la prétention d'exiger des primes pour la diffusion, n'est plus aujourdhui soutenable, même dans les pays où la loi l'autoriserait. Car M. J. Rau n'a pas rempli les prescriptions formulées pour la validité des brevets et, depuis le 23. Décembre 1868, le procédé en question est dans le domaine public. (Zapiske, 1873).

D'ailleurs, à mon point de vue, si ce procédé ancien est aujourd'hui devenu pratique, la cause n'en est point dans une nouvelle découverte que j'ai été impuissant à constater, mais la raison en est due simplement aux perfectionnements importants qu'ont reçues la défécation et la saturation (procédé Jellinek).

C'est cette méthode de saturation qui rend possible le traitement des jus fournis par la macération. Sans Jellinek, point de diffusion, tel est le cœur de la question, ou, en d'autres termes, sans le procédé de Jellinek, il est impossible de séparer avantageusement le sucre des jus obtenus par la macération osmotique (diffusion). Tout au moins, sans le procédé de Jellinek, tous les résultats sont nettement défavorables, et c'est cette méthode, avec emploi d'une forte dose de chaux, qui a pu faire seule revivre l'ancien travail par macération. Si donc le fabricant de sucre tient quand même à payer une prime, pour être juste, c'est à M. Jellinek qu'il doit l'acquitter.

Après cette digression, revenons à notre thème.

La théorie du procédé repose, comme nous l'avons déjà vu, sur les lois de l'Osmose. L'Osmose en elle-même est la force ou faculté que possède un liquide de passer au travers d'une membrane complètement ou en partie fermée, soit de l'intérieur à l'extérieur, soit en sens inverse, en pénétrant les pores de la membrane sans la détruire. Ici, les membranes d'Osmose sont les parois des cellules de la betterave. Cette faculté de passage des différentes substances à travers une même membrane est toujours plus ou moins limitée. On a cherché à mesurer cette force et, par exemple, à déterminer combien de parties d'un liquide (ici l'eau) peuvent traverser la membrane pour se combiner à un autre corps. On a établi ainsi les *équivalents osmotiques.* Comme d'ailleurs on ne pouvait faire des expériences sur la membrane des cellules de betteraves à l'état naturel, on n'a pu vérifier expérimentalement l'exactitude de ces équivalents osmotiques au point de vue de l'extraction des jus de betteraves.

Toutefois, il convient de rappeler que, d'après les lois de l'Osmose formulées par Graham, les alcaloïdes, par exemple, et les sels solubles possèdent une force d'Osmose ou une faculté de passage plus grande que le sucre et cette loi ne parait pas contredite par les analyses connues jusqu'ici des jus obtenus avec le procédé de la diffusion. Dans cet ordre d'idées, l'osmogène de M. Dubrunfaut présente des résultats décisifs et

extrèmement intéressants. Cet appareil, sur lequel nous aurons à revenir plus tard, permet, par voie d'Osmose, d'éliminer de la mélasse les sels qu'elle renferme. On utilise dans cette séparation la faculté de passage plus rapide des alcalis pour les enlever par l'eau, tandis que le sucre n'éprouve l'action d'Osmose qu'à un degré beaucoup plus faible. Les deux procédés, l'osmogène de Dubrunfaut et la diffusion de Robert reposent donc sur le même principe. Or, comme les lois physiques restent invariables et que la separation des alcalis de la mélasse par l'Osmose est incontestable, il faudrait aussi admettre que la diffusion enlève à un poids donné de betteraves plus de sels que les autres procédés. Cette interprétation a pour elle quelque vraisemblance, elle explique parfaitement comment la diffusion, appliquée à diverses fabriques ou plutôt à des betteraves différentes, à donné des résultats si contradictoires. On sait en effet que dans les betteraves, la teneur en sels varie suivant la nature du sol, la fumure, etc., dans des limites très-étendues, et que le rapport des sels au sucre qu'elles renferment varie lui même suivant la contrée, l'année, etc., dans une forte proportion. Or, si la diffusion enlève à la betterave à peu-près la totalité de ses sels, elle peut fournir un résultat très-satisfaisant si la betterave renferme peu de sels par rapport à sa richesse saccharine, mais dans des conditions inverses, si les jus entrainent avec eux une forte proportion de sels, elle devra nécessairement donner des produits très-désavantageux.

Les matières de nature albumineuse analogues aux gommes et à la pectine (d'une manière générale, et suivant l'expression de Graham, les corps de nature colloïde) paraissent ne traverser que plus lentement les membranes des cellules. Par suite, le jus n'en entraine qu'une faible dose au moment de sa séparation, et, du moment où on l'obtiendra sain à la défécation, on n'aura plus grand danger à craindre dans le reste du travail. Ce fait, que la théorie permettait de prévoir, parait confirmé dans la pratique. Le jus de diffusion renferme moins de ces matières que le jus obtenu par les autres méthodes d'extraction. Maintenant, les jus ainsi produits sonts-ils

réellement beaucoup plus avantageux que les autres, et cette qualité doit elle être priséé aussi haut qu'on le fait, je ne le pense pas. Ces matières albumineuses sont éliminées d'une façon à la fois économique et rapide dans la défécation avec saturation de Jellinek. Elles n'ont donc qu'une importance secondaire, d'autant plus que leur séparation s'effectue dans les méthodes ordinaires en $^{3}/_{4}$ d'heure environ, c'est-à-dire dans un temps beaucoup moins long que celui qu'exige l'extraction seule par la diffusion (4 heures). En outre, il ne faut pas oublier que la diffusion n'est possible et avantageuse qu'à la condition d'être suivie par la défécation de Jellinek. Ces matières visqueuses et disposées à la fermentation doivent donc être en réalité plus nuisibles pendant l'opération même de l'extraction du jus par la diffusion, car elles trouvent les conditions de température et de temps qui les prédisposent à fermenter et à devenir acides, par suite, à rendre les jus eux-mêmes acides. Et en fait, je connais bon nombre de fabriques travaillant par diffusion où cet inconvénient s'est présenté dans des proportions plus ou moins grandes. Bien plus, des partisans absolus de la méthode de diffusion ne peuvent s'empêcher de reconnaître qu'eux-mêmes ont souvent à combattre l'acidité dans les jus. Or, je le demanderai à tous ceux qui ont étudié les conditions de l'extraction du sucre de betteraves, la première condition, la condition fondamentale, n'est-elle pas de préserver les jus sucrés de toute acidité? C'est donc là, dans la méthode de Robert, un grand inconvénient. A ce sujet, je me permettrai de faire observer que le moyen habituellement employé pour éviter les acides, c'est-à-dire une durée de diffusion plus courte, est loin de paraître suffisant.

L'élimination du jus des cellules de la betterave exige naturellement dans la méthode de diffusion un certain temps, 4 heures environ. De récents perfectionnements ont permis de reduire ce temps à deux heures. En admettant cette durée pour le travail, il est bien possible qu'on ne puisse plus constater dans le jus la présence des acides; mais croit-on néanmoins que l'on obtiendra de la sorte un jus parfaitement sain?

Je me permettrai d'en douter. Suffirait-il de réduire la durée de la diffusion d'une demi-heure pour que les jus ne montrassent plus trace d'acides, il est bien clair que ces jus auront quand même une prédisposition à l'acidité. La meilleure preuve en est que, si on laisse ces jus une demi-heure ou une heure de plus dans les vases de macération, ils seront acides, tandis que le jus obtenu par les méthodes ordinaires ne donne aucune trace d'acidité au bout d'une heure. Si donc, dans le cas de la diffusion, les jus n'accusent pas d'acides libres, ils ont cependant subi une modification qui les rend plus propres à devenir acides. Les acides, quand on constate leur présence, ne sont en effet que la conséquence d'une altération du jus antérieure et toujours nuisible; ils ne se forment pas de prime abord.

Nous pouvons donc conclure que si, dans un pareil cas, on réussit à avoir des jus ne présentant pas de réactions acides, il n'en résulte pas que ces jus soient sains, cela prouve seulement que nos moyens d'investigations et nos organes ne sont pas assez sensibles pour reconnaître le début de cette altération qui, par la suite, se manifeste plus nettement aux réactifs ordinaires des acides.

Je n'entends pas dire, par ce qui précède, que tous les jus obtenus par diffusion doivent devenir acides; il existe nombre de fabriques qui travaillent d'assez bonnes betteraves pour que ces réactions ne se produisent pas. La théorie se borne à indiquer qu'en employant d'autres betteraves et même, pour les fabriques que nous citons, dans d'autres années, on est exposé à n'obtenir que des résultats désastreux, par suite du contact prolongé du jus et de la pulpe dans les conditions de température où on les place. Il est d'ailleurs facile de trouver des preuves pratiques de ce passage à l'acidité des jus de diffusion. Il suffit de rappeler les résultats nettement mauvais de la diffusion à Waghäusel, une des plus grandes fabriques du monde. Ces résultats ont été publiés dans journal de l'association des fabricants allemands qui n'a pas cru devoir insérer les communications ultérieures relatives à la même question. La fabrique

dont nous parlons se vit forcée de mettre au rebut, et après de grands frais, tout le procédé de diffusion, qui la conduisait à une ruine certaine. De même, la fabrique du général Malzof en Russie a dû abandonner complètement cette méthode. La fabrique de Krementschugi, dans la campagne 1867/1868 avait l'acidité très-nettement dans les jus, et, par suite de la diffusion, le rendement en sucre fut si faible que l'usine perdit dans une seule campagne 250,000f. Quant aux fabriques de Pologne, je sais qu'à diverses reprises elles ont eu à lutter contre les acides dans les jus et pendant toute la campagne elles sont restées seulement quelques semaines sans cet accident; néanmoins elles continuaient à travailler avec cette méthode! Par contre, on pourra citer d'autres fabriques où ces inconvénients ne se présentent pas, où le travail se fait bien, mais les faits que nous venons de rappeler et qui sont patents prouvent tout au moins que la diffusion ne saurait s'appliquer à tous les cas, que dès lors son développement doit toujours rester borné.

Lès appréciations qui précèdent m'ont valu de nombreuses polémiques de la part des intéressés, mais je considère comme un devoir de soumettre au lecteur ma manière de voir d'une façon nette et claire, sans m'inquiéter si je dérange des intérêts privés. Entre autres arguments qu'on a opposés à mes jugements, on a fait valoir qu'en 1872—73, toutes les fabriques de Bohême travaillant par diffusion avaient très-bien marché. J'admets volontiers qu'il en soit ainsi, mais cela ne modifie pas mes conclusions. Car, par exemple, dans la même campagne de 1872/73, en Russie, la diffusion n'a donné que de mauvais résultats. A mes yeux, cela ne prouve qu'une chose, c'est que la diffusion n'est pas encore un procédé sur: et ce mode de travail est exposé à des influences dont les causes ne sont pas encore nettement établies.

En ce qui me concerne, je ne cacherai pas que je préférerais pour les fabriques de sucre un procédé d'extraction du jus avec lequel on n'eût à craindre dans aucun cas cette acidité des jus.

La durée trop longue du contact des jus avec les tranches de betteraves, tel est le vice radical de la diffusion. Cette durée considérable est contraire aux premières lois de la fabrication du sucre: transformer le jus le plus rapidement possible en masse cuite. Pendant que l'extraction seule du jus, par la diffusion, exige de 4 à 5 heures, j'ai pu, dans le même espace de temps et par d'autres méthodes de production perfectionnées, amener le jus à l'état de sirop, c'est-à-dire presque à l'état de masse cuite. C'est là dans la pratique une différence considérable et dont l'importance ne saurait être contestée. Ce défaut de la diffusion est d'autant plus sérieux qu'il serait difficile d'y porter remède, car il tient à l'essence même du procédé; il faut que l'eau ait le temps nécessaire pour diffuser les matières. En travaillant plus vite, on court le danger de n'extraire de la betterave que les sels et de laisser le sucre dans la plante.

En dehors de la question de temps, la température a dans la diffusion la plus grande importance et doit à cet égard être l'objet d'une sérieuse attention. Une chaleur plus forte élève et exalte les mouvements de diffusion, elle rend par suite l'extravasement du jus plus facile. Au contraire, plus l'eau est froide, plus lente est l'opération. Si l'on n'échauffait pas les jus jusqu'à 75 ou 90°, il faudrait plus de temps encore que maintenant pour opérer la séparation complète du sucre. Aussi, a-t-on soin d'amener la température de la masse entière au début de chaque opération à 50°, point qui, comme nous l'avons déjà vu, était recommandé depuis longtemps par la pratique. Dans ses recherches faites en 1865, le docteur Wiesner a demontré que, à cette température, l'albumine et le tannin restent en grande partie dans les cellules qui n'ont pas été ouvertes ou déchirées, dont les parois sont restées intactes, (et il y en a toujours une très-grande quantité même pour des lanières de 1 m/m d'épaisseur). Ces mêmes cellules ne contiennent plus trace de sucre.

Cependant le docteur Wiesner, (page 225 du journal de l'association, année 1865), parle du goût caractéristique acide

des résidus de diffusion conservés pendant quatre mois. Les résidus auraient donc dû conserver encore une certaine proportion de sucre pour avoir contracté le même goût acide que la pulpe ordinaire des presses.

A ce sujet je crois devoir signaler que toutes les analyses publiées postérieurement signalent dans les résidus du sucre en proportion plus ou moins grande. Les expériences du Dr. Wiesner ont donc porté sur des échantillons trop faibles ou ont été effectuées trop tardivement. Le Dr. Waisenboder m'écrit même à ce sujet: "Les résidus de diffusion que j'ai reçus, soit de Wulferstedt, soit d'Augsbourg, renfermaient par 100 k^{os} de betteraves plus de sucre et moins d'azote que nos résidus de double pression."

La pratique a reconnu depuis longtemps qu'une température supérieure à 50° ne donnait que de mauvais résultats. Wiesner l'explique par ce fait qu'à des températures trop fortes la substance intercellulaire se désagrège et qu'il se forme des substances pectiques solubles.

Ce peut être ici le lieu de soumettre à une vérification la qualité théorique des jus que doit fournir la diffusion.

Ainsi que nous l'avons vu, les jus de diffusion ne renferment que peu de matières azotées, ces principes colloïdes se diffusant plus difficilement. On est souvent parti de là pour affirmer que les jus de diffusion étaient plus purs que ceux obtenus par d'autres méthodes. Le docteur Weiler a même établi qu'un jus de diffusion laissé 24 heures à la température ordinaire n'avait éprouvé aucun changement nuisible, tandis que des jus de presse, au bout du même temps, étaient devenus visqueux et accusaient la formation de mannite.

Si intéressantes que soient ces expériences au point de vue scientifique, elles ne me semblent pas cependant essentielles pour la pratique, où les jus, qu'on les obtienne par les presses ou par toute autre méthode, sont déjà dépouillés au bout d'une heure par le procédé de Jellinek de la majeure partie de ces substances albumineuses, et en cet état valent au moins autant, sinon plus, que les jus de diffusion. Ceux-ci au con-

traire restent pendant quatre heures on contact avec la pulpe à une température très-favorable à l'altération et en présence de l'air. D'un autre côté, les betteraves pour la diffusion sont très-divisées puisqu'elles sont réduites en lanières de 1 m/m d'épaisseur. Sur la surface de ces lanières, bon nombre de cellules sont coupées ou ouvertes, et naturellement les jus de ces cellules déchirées doivent se comporter exactement comme les jus de toutes les méthodes d'extraction fondées sur le déchirement des cellules. S'il en est réellement ainsi, on ne saurait nier que, au moins pour les betteraves de mauvaise qualité, le jus ne soit en partie soumis à ces conditions nuisibles qui, aidées par la température et par le temps, peuvent engendrer l'acidité. Je citerai ici les expériences intéressantes du docteur Bodenbender qui a déterminé par deux analyses la proportion de sucre interverti. Il a trouvé:[1]

pour les jus de diffusion . . . . . 0,445 %
pour ceux de presse . . . . . . 0,238 %

et en rapportant à 100 de sucre,

pour la diffusion . . . . 3,75 %
pour les presses . . . . 3,65 %

On ne saurait regarder comme accidentelle cette proportion plus grande de sucre interverti dans les jus de diffusion que dans les autres. La pratique en grand a en effet prouvé qu'avec des betteraves de mauvaise qualité les jus passent à l'acide, quelque soin et quelque attention qu'on apporte dans le travail. Bien plus, cet inconvénient se produit toujours dans les diverses années avec plus ou moins d'intensité. Aussi, tant qu'on n'aura pas trouvé les moyens de protéger les jus contre l'acidité dans toutes les conditions, je ne saurais me prononcer en faveur d'un procédé qui n'offre pas une garantie absolue à cet égard. Du reste, les plus chauds partisans de la diffusion commencent déjà à attacher moins d'importance à la pureté plus grande des jus obtenus de cette manière. Ainsi, le docteur Weiler lui-même a écrit:[2] "Quoique, d'après les résultats

1) Journal de l'assoc. des fabric. allem. 1866, pages 204 et 209.
2) - - - - - - - 1866, page 223.

acquis jusqu'à ce jour, la qualité des jus produits par la diffusion soit toute en faveur de cette nouvelle méthode, le but principal de cette méthode n'est pas de *produire des jus meilleurs comme qualité*, mais plutôt d'assurer un *rendement en jus complet* de la matière première au moins de frais possible."

De son côté, le docteur Bodenbender[1] indique que le jus extrait de lanières renferme plus de cendres (de sels), que celui qu'on retire de la presse, mais qu'en revanche ce dernier est plus riche en matières albumineuses, et que les principes extractifs azotés sont en quantité proportionnellement égale dans les deux jus. D'autre part, on trouve dans le journal de l'association pour 1865, page 224, que "la masse cuite produite en grand à Seelowitz par ce procédé peut être considérée, au point de vue de la composition, comme *équivalente* aux meilleures masses cuites des autres fabriques."

Il résulte incontestablement de là que la masse cuite ou le jus concentré provenant de la diffusion, ne sont pas meilleurs que les produits analogues provenant d'autres méthodes d'extraction, et dès lors s'évanouirait l'avantage trop prôné de la qualité supérieure. Le fabricant veut des masses cuites et du sucre de bonne qualité. Si, à ces deux points de vue, la diffusion, comme nous l'avons démontré, ne donne pas de produits supérieurs, il n'a aucun intérêt à installer ce procédé en vue d'améliorer la qualité de ses produits.

Je reproduis ici les résultats moyens de plusieurs analyses effectuées sur des jus provenant, tant de la diffusion que de la méthode des presses:

---

1) Journal de l'assoc. des fabric. allem. 1866, p. 209.

Nom de l'expérimentateur.	Année.	Pour 100 parties de jus: Diffusion. Sucre.	Diffusion. Potasse et soude.	Diffusion. Silice, chaux et magnésie.	Diffusion. Substances organiques.	Diffusion. Poids des matières solides.	Presses. Sucre.	Presses. Potasse et soude.	Presses. Silice, chaux et magnésie.	Presses. Substances organiques.	Presses. Poids des matières solides.
Bodenbender .	1866	9,189	0,467		2,199	11,300	14,950	0,803		1,357	17,348
Weiler . . .	1865	8,410	0,449		1,377	10,236	11,25	0,693		2,083	13,936
Seyferth . . .	1866	8,010	0,580		Az 0,109	9,810	7,50	0,820		Az 0,105	9,520
Weiler . . .	1866	8,500	0,295	0,113	0,983	9,891	10,16	0,310	0,173	1,323	11,966
Weiler . . .	1866	11,580	0,441	0,191	1,774	13,986	12,41	0,458	0,187	2,466	15,522
Moyenne .						11,65 %					15,658 %
Pour 100 parties de sucre:											
Weiler . . .	1866	—	3,470	1,328	11,529	16,329	—	3,054	1,702	13,021	17,777
Weiler . . .	1865	—	3,808	1,649	1 ,318	20,775	—	3,690	1,507	19,871	25,068
Bodenbender .	1866	—	4,680		13,025	17,705	—	5,371		9,085	14,451
Bodenbender .	1866	—	4,520		11,580[1]	19,850	—	4,080		14,380[1]	23,110
Weiler . .	1865	—	5,339		16,373	21,712	—	5,360		18,516	23,876
Moyenne . .			4,958		13,565	19,274		4,952		14,974	20,656

1) *Remarque:* Les matières extractives non azotées sont de 7,81 contre 7,90, c'est-à-dire égales, mais les matières azotées sont de 4,42 contre 3,77 (avec 0,103 d'azote seulement).

D'après les chiffres de ce tableau, on serait en droit de conclure que les jus et les masses cuites provenant de diffusion contiennent plutôt plus de sels qu'on n'en trouve dans les produits ordinaires de fabrication, mais qu'ils renferment moins de substances azotées. La différence entre les substances organiques est d'ailleurs très-faible, puisque les jus de presse contiennent en moyenne . . . . 14,974 %
ceux de diffusion . . . . 13,565 %
La différence est donc en plus de . . . 1,409 %
pour les jus de presse, soit à peu-près $^1/_{10}$° % du poids du sucre.

Cette différence n'a, ce me semble, qu'une importance secondaire, attendu qu'heureusement, nous sommes en mesure, par la carbonatation, d'éliminer la majeure partie de ces matières et à moins de frais, tandis que nous ne possédons aucun moyen aussi économique ou aussi efficace pour enlever les sels qui exercent sur la cristallisation du sucre une influence préjudiciable. La seule différence entre la diffusion et les autres méthodes d'extraction, au point de vue des matières azotées, est qu'avec la première on laisse plus de ces principes dans la pulpe, tandis qu'avec les autres ces principes passent dans les résidus ou écumes de la carbonatation. En réalité, dans tous les cas, les jus épurés contiennent des quantités égales de matière azotée. La méthode de diffusion n'offre donc qu'un avantage secondaire pour le fabricant de sucre; elle ne peut intéresser sérieusement que l'agriculteur, qui trouve, dans les cossettes épuisées par diffusion, un peu plus d'éléments nutritifs. Cette manière de voir se trouve confirmée d'une manière complète dans la pratique par la comparaison des masses cuites. Celles que l'on obtient avec le jus de presses ne contiennent pas plus de substances organiques que les masses cuites provenant de la diffusion. D'après les analyses reproduites plus loin, que le docteur Weiler a publiées sur les masses cuites, celles de diffusion contenaient:

pour 100 parties de sucre, 6,018 de matières azotées,
celles des presses - - - - 6,061 - - -

La différence est donc de moins de $^1/_{100}$° tandis que dans les jus elle atteignait $^1/_{10}$°. Réduite a cette proportion, elle n'a plus aucune importance.

Pour achever ces études théoriques sur le procédé de la diffusion, nous avons encore à noter qu'il supprime l'envoi de fragments de pulpe divisée dans les chaudières de défécation. C'est là un avantage, mais qu'on peut aussi réaliser dans toute autre méthode moyennant des dispositifs convenables. Ainsi, pour quiconque a observé mon procédé d'épuisement de la pulpe après pression préparatoire à l'aide des presses-filtrantes, il est certain qu'on obtient également des jus absolument exempts de pulpe. Il suffit de faire passer sur un de ces filtres de bas en haut le jus obtenu par une méthode quelconque, presses, macération, etc., pour lui enlever de la façon la plus simple et la plus parfaite les matières solides en suspension. On peut à cet effet employer un vase quelconque[1] d'une faible hauteur offrant à la partie supérieure une surface filtrante de grandeur suffisante. Tout le système est maintenu par un tissu mécanique analogue à celui des toiles de turbines et qu'on étend sur le dessus. Le jus arrivant par en bas laisse sous la toile métallique la pulpe qu'il peut avoir entrainée, et arrive complètement filtré dans les chaudières de défécation. L'avantage dont nous parlons n'est donc pas spécial à la diffusion, on peut le réaliser avec tout autre procédé.

Après ces considérations théoriques il nous reste à passer à la description des appareils employés pour la diffusion, et ce n'est pas le côté le moins curieux de cette "nouvelle invention;" nous trouverons en service exactement les mêmes machines que pour la macération à chaud, des appareils identiques à ceux nous avons décrits dès 1850.

La machine à diviser est celle dont il a déjà été question plus haut. Nous nous bornerons, sans reproduire la coupe de cette machine qui diffère extrêmement peu de celle indiquée figures 82 et 83, à noter que dans la machine nouvelle les couteaux

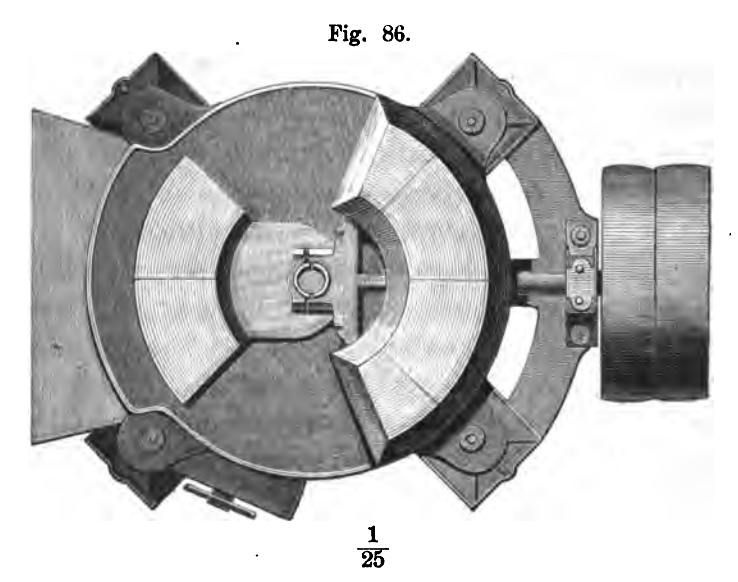
---

1) Voir les différents appareils à dépulper, aux chapitres précédents.

sont disposés, fig. 86, d'une façon un peu différente de celle de l'ancien système, de façon à produire des tranches plus minces. C'est une amélioration dont il a été fait grand bruit. On a aussi essayé des machines à diviser travaillant verticalement, mais les la messe déplaçaient dans ce cas par rapport à l'orifice et on a dû y renoncer.

Ces machines ne donnent un travail satisfaisant que si elles font 150 à 200 tours au plus par minute, et encore arrive-t-il souvent que la lanières sortent inégales. Or, quand ce cas se présente, quand les lanières sont trop épaisses, il est

Fig. 86.



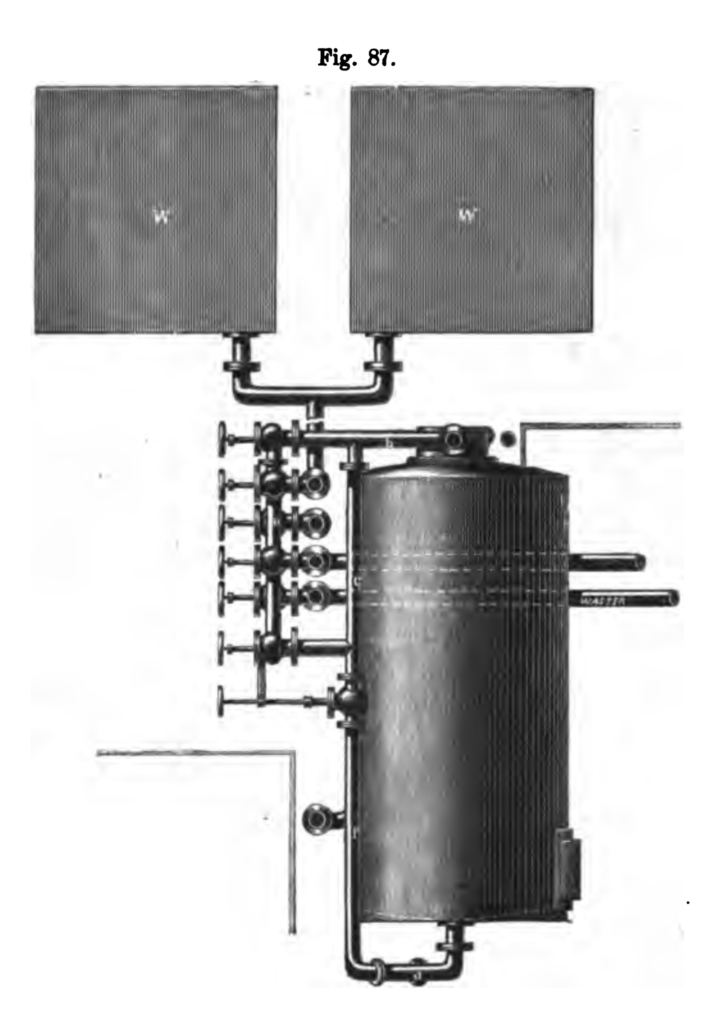
$\frac{1}{25}$

évident qu'elles s'épuisent moins vite que les tranches plus minces, et il n'y à dès-lors rien d'étonnant à ce que l'on trouve dans les résidus des pertes notables en sucre. — Il est dans la nature même du procédé que les lanières doivent être d'une épaisseur aussi égale que possible pour que l'épuisement se fasse pour toutes uniformément et, à ce titre, le succès du travail dépend beaucoup de la perfection de la machine. Enfin, on doit veiller à avoir toujours une machine à diviser la betterave de rechange et prète à fonctionner, pour ne pas être obligé de suspendre le travail quand une machine est momentanément

dérangée par le passage de petites pierres ou un accident analogue.[1]

Les couteaux compliqués de cet appareil exigent beaucoup de réparations et un renouvellement fréquent.

Fig. 87.



En sortant de la machine à diviser, qui du reste prend peu de force, les lanières sont conduites dans des wagons aux

1) Dans les dernières machines à diviser installées par M. Robert, les betteraves sont amenées par deux trémies d'alimentation aux extrémités d'un diamètre, ce qui permet de doubler le rendement de l'appareil. (N. du tr.)

vases de macération, aux diffuseurs. Ces vases sont à peu près identiques à ceux qu'on employait déjà pour la macé-

Fig. 88.

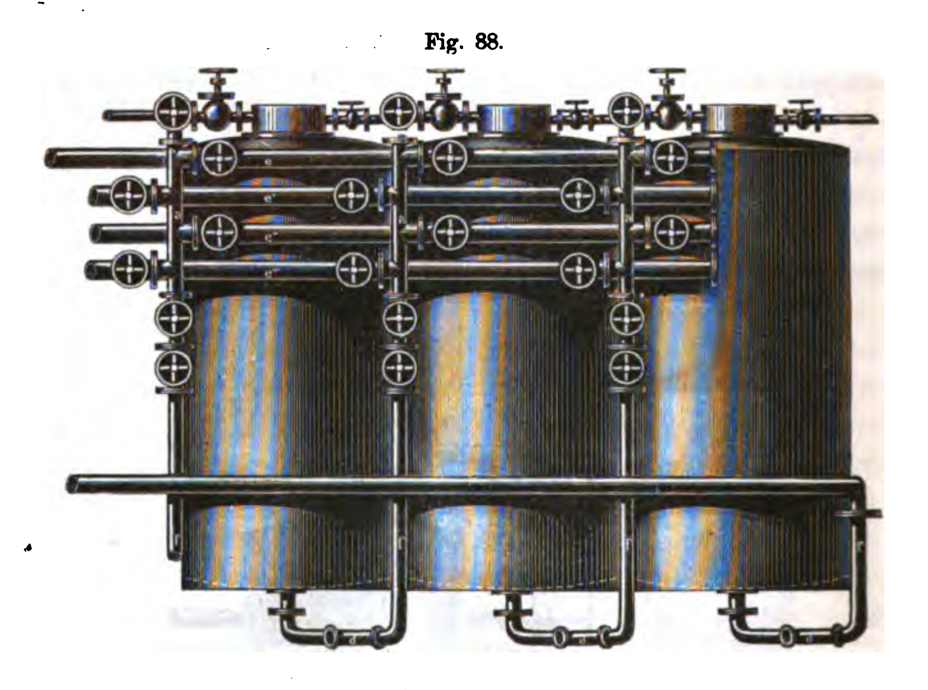


Fig. 89.



ration à chaud. Ils n'ont reçu qu'un léger changement de forme facile à comprendre à l'inspection des figures 87 et 88 qui représentent, à l'échelle de 2 centim. par mètre, une batterie de diffusion. Les cylindres sont, comme l'indique le plan

de la figure 89, munis à la partie supérieure d'un trou d'homme pour l'introduction des cossettes. Vers le bas, un clapet articulé autour de son arête supérieure permet de faire tomber les cossettes épuisées sur une toile sans fin que les entraine au dehors. Dans l'intérieur du cylindre est un cône percé de trous qui empêche l'obstruction des tuyaux par les cossettes. — Le service de l'appareil est exactement le même que celui que nous avons décrit déjà, les tuyaux mettent les appareils en communication avec les chaudières à réchauffer pendant que d'autres conduits assurent la circulation dans les divers cylindres de la batterie. La prise de vapeur munie d'un robinet permet d'envoyer la vapeur dans les différents vases. Enfin, un tuyau spécial amène l'eau nécessaire au travail pendant que les jus enrichis se rendent aux chaudières de défécation.

Les modifications que nous venons de décrire sont loin d'être à l'abri de toute critique. Si l'enlèvement des matières est plus facile à effectuer, le nettoyage des vases est très-difficile, car l'ouvrier ne peut se tenir qu'avec peine sur le double fond et, dans ces conditions, on s'expose à avoir un travail moins soigné qu'on ne doit l'exiger. — Chacun des vases de macération de la grandeur de l'appareil ci-contre reçoit 2500 k^{os} de cossettes, occupant un espace de $3^{mc.}$,47.

On ne commence à remplir les vases qu'après avoir porté à une température de 87 à 97° soit le jus, soit au début de l'opération, l'eau de diffusion. On fait arriver le liquide dans le vase jusqu'au tiers de la hauteur, puis on fait tomber par le couvercle *e* la pulpe qu'on amène dans des charriots contenant environ 490 k^{os}. Tout en vidant le quatrième charriot on laisse couler par le haut le jus réchauffé, de sorte que le chargement de cossettes effectué, le vase se trouve plein de jus. Autant que possible on doit avoir soin de faire arriver dans le vase à la fois le jus et la pulpe dans les proportions convenables. Pendant le chargement, il est bon de mélanger à plusieurs reprises la pulpe et les liquides de façon à ce qu'il ne se forme pas des masses de matière qui s'épui-

seraient mal, et que les liquides conservent en tous les points une vitesse uniforme de circulation. Comme il faut, pour emplir un vase, le contenu de six ou sept charriots et que le déchargement de chacun de ces charriots prend deux minutes, on voit que le chargement dure environ 15 minutes. Une fois le vase rempli, on ferme le couvercle et on laisse les matières reposer pendant 5 minutes. A ce moment, on fait arriver sur le dernier vase, qui contient la pulpe à peu-près épuisée, la pression d'une colonne d'eau venant des réservoirs supérieurs de la fabrique. Comme ce vase communique avec les sept autres qui forment la batterie, la pression peut s'établir dans tous les appareils; le jus se trouve ainsi déplacé du cylindre rempli de pulpe fraiche et il arrive directement et encore chaud à la chaudière de défécation. D'habitude, chaque vase de macération fournit deux pleines chaudières de jus dont la densité varie suivaut la durée de la macération et le nombre des vases en service (5,7 et même 10).[1] — J'ai trouvé dans diverses fabriques, pour la densité de ce jus, 4 à 7° Baumé, soit 8 à 13% Balling, et l'on peut admettre comme résultat moyen que le jus se trouve mélangé avec une quantité d'eau représentant 40% du poids des betteraves.

Souvent on indique pour cette proportion 30%, mais c'est un chiffre évidemment trop faible.

Il est facile de se rendre compte de la marche d'ensemble du travail. Après avoir laissé couler du vase rempli de la pulpe la plus récente le contenu de deux chaudières de défécation ou toute autre quantité de jus déterminée et avoir envoyé ce produit aux traitements ultérieurs, on déplace et on fait remonter aux chaudières à réchauffer, placées au dessus, une

---

1) Dans les dernières installations, les batteries ont été remplacées par un vase unique de très-grandes dimensions, dans lequel des diaphragmes intérieurs empêchent le tassement excessif de la pulpe. Ce changement réduit, il est vrai, la dépense d'installation première, mais les matières se trouvent encore plus exposées à un épuisement inégal. (N. du tr.)

quantité égale de jus plus dilué emprunté au vase précédent. Ce jus est chauffé à 92 ou 97° et sert comme liquide de macération pour le cylindre suivant rempli de cossettes fraiches. Ce nouveau vase doit rester plein de jus pendant 15 ou 20 minutes pour que la pulpe perde une quantité de sucre suffisante et on emplit à ce moment deux autres chaudières à déféquer. On envoie alors, par la pression de l'eau, à la chaudière à réchauffer, le jus étendu nécessaire pour le troisième cylindre de macération et on l'échauffe pour le laisser ensuite en contact pendant 15 ou 20 nouvelles minutes avec la pulpe fraiche. Dans ces conditions, on voit que le premier cylindre de la batterie est rempli par de la pulpe fraiche et du jus étendu chauffé à 95°. Le cylindre suivant contient de la pulpe qui a cédé une partie de son sucre et de l'eau déjà plus ou moins sucrée. Le troisième macérateur renferme de la pulpe et de l'eau froide, et ainsi de suite.

Si l'on suit le mouvement des liquides, l'eau froide sous pression agissant à un moment donné du travail sur le cinquième cylindre par exemple, l'eau légèrement sucrée de ce cylindre passe dans le quatrième, celle du quatrième plus chargée dans le troisième, celle du troisième dans le second. Le jus riche de ce dernier déplace celui du premier cylindre qu'on envoie à la défécation et passe ensuite dans les chaudières à réchauffer.

On comprend donc sans peine comment s'effectue la circulation des jus et de l'eau simplement sous la charge d'une pression hydraulique.

J'ajouterai seulement qu'au début, au lieu d'employer du jus pauvre, on chauffe, dans les appareils à réchauffer, de l'eau jusqu'à 90 ou 95° de façon à produire ce jus. Il est d'ailleurs essentiel de procéder ainsi et d'échauffer l'eau pour épuiser en aussi peu de temps que possible la pulpe fraiche. La chaleur prépare et dispose la matière des cellules, lui permet de céder le sucre qu'elle renferme plus vite que ne le ferait l'eau froide. C'est du reste ce qu'on avait constaté dès 1836; on réalisait dès cette époque cette condition par les mêmes moyens, et

cependant on laissait alors chaque fabricant libre d'utiliser ce principe, sans l'astreindre à payer des primes exorbitantes.

L'expérience a prouvé qu'il y avait intérêt à faire arriver l'eau comme le jus de bas en haut dans les diffuseurs. Cette modification a été adoptée d'une manière générale dans toutes les usines.

La pratique a démontré également qu'au lieu de limiter la batterie à cinq cylindres, il valait mieux faire passer l'eau (et plus tard le jus) sur 8 ou 9 appareils chargés de cossettes. Il est clair que de la sorte on obtiendra des jus plus riches, mais en même temps aussi on augmente les chances pour que l'acidité se développe. Les moyens qu'on a employés pour prévenir cet accident consistent essentiellement et avant tout à augmenter la rapidité du travail. A chaque chargement, on retire plus de jus (et notablement plus) que le contenu de deux chaudières de défécation. De la sorte, le jus restant moins longtemps en contact avec les betteraves n'a pas le temps d'aigrir. Ainsi, dès la deuxième année de l'application de la diffusion à Krementschugi, on ne pouvait plus travailler qu'avec une addition d'eau de 50%, c'est-à-dire qu'on recueillait les jus plus dilués d'autant. Si l'on examine sans parti pris ces diverses circonstances, elles prouvent une fois de plus que le point faible de la diffusion réside dans la durée exceptionnelle de l'extraction du jus.

Si en effet nous suivons la série successive des opérations, nous trouvons, en tenant compte des données de la pratique, les résultats suivants pour la durée du travail de chaque diffuseur:

Temps nécessaire pour le chargement	18	minutes
- - - la diffusion	5	-
Pour envoyer à la défécation le contenu de deux chaudières	8	-
Pour envoyer les jus dilués aux chaudières à réchauffer et porter leur température à 95°	14	-
La durée de chaque charge est donc de . .	45	minutes,

sans compter le temps nécessaire pour le déchargement et pour la diffusion continue.

Comme d'ailleurs les liquides doivent séjourner le même temps dans chacun des cylindres, on voit que, pour 5 appareils, l'opération durera 3 heures et demie au moins, et ce temps augmente avec le nombre des cylindres qui constituent la batterie. En aucun cas, même en supposant chaque période, réduite au minimum la durée du travail ne saurait descendre au-dessous de 4 heures.

Or, si cet espace du temps n'a pas de conséquences fâcheuses pour les bonnes betteraves, il ne faudrait pas compter qu'il en fût ainsi pour des matières de moindre qualité. Pour ma part, j'ai vu souvent des résultats désastreux provenant de ce chef avec la diffusion, et naturellement ces résultats entraînaient de grandes pertes d'argent. Aussi, beaucoup de fabricants ne travaillent-ils qu'avec des batteries de 5 ou 6 cylindres, surtout dans les pays où, comme en Autriche et en Russie, les droits sont basés sur le nombre et le volume des diffuseurs. En même temps qu'on diminue les droits, on obtient de la sorte des jus plus sains.

Dans d'autres cas, on a cherché à se protéger contre l'acidité dans les jus de diffusion en ajoutant dans les chaudières à réchauffer un peu de chaux au jus étendu. Cette pratique, qui n'est en tout cas indispensable que pour les mauvaises betteraves et ne doit jamais être employée qu'avec ménagement, me parait beaucoup plus rationnelle que la réduction dans la durée, mais elle ne saurait offrir une garantie absolue de succès pour tous les cas.

Les remèdes que nous venons d'indiquer contre l'acidité des jus dans les diffuseurs, ne sont que des palliatifs. On a cherché à atteindre le même but de conservation en accélérant la marche de l'opération tout entière. Ce point de vue est rationnel et, si les recherches dans ce sens étaient couronnées de succès, si l'on arrivait à effectuer convenablement la diffusion dans un temps notablement plus court, on pourrait fonder quelque espoir sur la généralisation de cette méthode. Malheureusement, jusqu'à ce jour, on est loin d'y être parvenu.

C'est à cet ordre d'idées qu'appartient le mélange intime des cossettes avec le jus à une température élevée. En laissant tomber à la fois dans le macérateur toute la quantité de betteraves contenues dans les grands charriots dont on fait usage, soit 450 k^{os}, il est clair que ces matières se répartissent inégalement, sont plus tassées en un point qu'en un autre. Lorsque cet inconvénient se présente dans des récipients de section aussi grande et qui offrent de telles surfaces et de tels passages où le liquide de macération s'écoule librement, on peut bien admettre que l'eau ou les jus suivent le chemin qui leur offre le moins de résistance, et que les liquides laissent de côté les places où les matières se trouvent en tas plus compacts. Par suite de la circulation qui s'établit dans ces conditions dans des directions déterminées, une partie des betteraves n'est qu'insuffisamment baignée du jus et par suite épuisée, et l'on perd toute garantie d'un rendement élevé. Du reste, cet inconvénient mérite d'être pris en grande considération dans toutes les méthodes de macération, et notamment lorsque les vases où s'effectue cette action présentent de grandes sections. Or, cette dernière condition ne pouvant être évitée dans la diffusion, on doit chercher tous les moyens possibles pour assurer le mélange le plus complet du jus et de la pulpe divisée. Dans la pratique, après avoir déversé dans les cylindres le contenu d'un ou deux charriots, on mélange la pulpe et le liquide avec de longs ringards. Si rationnelle que soit cette idée, la manière dont on la met en pratique me parait imparfaite et barbare. On obtiendrait un mélange bien plus uniforme en disposant dans un réservoir, au-dessus des cylindres diffuseurs, un agitateur mécanique qui opérerait sur de petites quantités successives de jus et de betteraves. En emplissant ainsi les cylindres avec le liquide contenant la pulpe en suspension, on arriverait très-probablement à une répartition beaucoup plus parfaite.

J'ajouterai du reste que le mélange avec des ringards est souvent impossible pour certaines betteraves, ou du moins offre beaucoup de difficultés, et que souvent aussi il produit une très-forte quantité d'écumes.

On a également cherché à accélérer la macération en faisant le vide dans les cylindres, de façon à enlever l'air et les gaz, de façon à s'assurer ainsi une action plus prompte, à faciliter l'accès du liquide par voie d'Osmose. Je ne puis, en ce qui concerne la diffusion, me prononcer sur l'efficacité de ce moyen et je me bornerai à signaler que la même idée a été essayée, il y a plus de 20 ans, et sans succès bien marqué, à la fabrique de sucre de Waghäusel.

Enfin, on a préconisé l'emploi des acides et en particulier de l'acide sulfurique, de l'acide phosphorique ou même de l'acide oxalique pour hâter la séparation du sucre. Il est certain qu'une très-faible proportion d'acide sulfurique (ou de tout autre acide) exalte notablement les phénomènes d'Osmose et réduit la durée du traitement. Cette propriété a été reconnue autrefois et appliquée avec succès par M. Dubrunfaut, pour extraire les jus des betteraves dans les distilleries. Mais, dans la fabrication du sucre, où l'on cherche à obtenir ce produit sous forme de cristaux, l'emploi des acides me parait peu admissible. Les avantages seraient loin de couvrir les dangers probables auxquels on s'exposerait, et qui seraient exceptionnellement graves pour la fabrication. On ne saurait donc à aucun titre préconiser ce moyen.

La marche de la diffusion se contrôle par la densité des liquides dans les différents vases. Je reproduis ici une table qui m'a été communiquée de ces densités.

Numéro du cylindre.	Densité Balling.	Degré du jus de diffusion.	Températures.
1	0,00 (?)[1]	1,00 % Brix	10°
2	0,00	3,00 - -	20°
3	0,50	3,75 - -	28°
4	0,80	5,00 - -	34°
5	1,25	6,50 - -	38°
6	2,70	7,50 - -	42°
7	3,50	9,50 - -	47°
8	6,00	11,00 - -	50°
9	10,00	. . . .	. . . .

1) Je dois faire remarquer que, dans mes expériences personnelles, j'ai trouvé constamment de ½ à ¾ % de sucre dans l'eau du premier et du second diffuseur.

Ces chiffres se rapportent à des betteraves dont le jus marquait 16 % Balling, et on les rapprochera avec fruit des résultats analogues donnés plus haut pour la macération à froid.

En ce qui concerne la quantité de jus qu'on retire avec cette méthode de 100 k^{os} de betteraves, les publications faites jusqu'ici sont extrêmement sobres de renseignements et se bornent à des lieux communs. Ainsi on a dit que la diffusion "donnait la totalité du jus," on bien "qu'elle rendait plus que tous les autres procédés," ou l'on a employé d'autres expressions tout aussi indéterminées. Pour ma part, je suppose que le lecteur de ces lignes tient à ne pas être payé de mots, et je rapporterai les faits purs et simples d'observation. Dans un essai de marche en grand, en opérant sur 400,200 k^{os} de betteraves, on a retiré 468,495 k^{os} de jus marquant 8 % Balling. Le jus initial paraissait pour cet essai marquer dans la betterave 11,33 % (?) Balling. La quantité précédente ramenée à la densité normale se réduirait donc à $468,495 \times \frac{8,8}{11,33}$ de jus soit 363,830 k^{os}, ce qui correspond, en nombres ronds, à un rendement effectif de 90 de jus pour 100 k^{os} de betteraves. Je ferai remarquer toutefois que la densité du jus normal, 11,33 % seulement, me parait extrêmement faible, attendu que ces betteraves eussent renfermé moins de 10 % de sucre, et eussent été de très-mauvaise qualité. Je serais plutôt porté à croire que, dans de semblables essais, il est très-difficile de déterminer exactement la densité moyenne du jus normal. Ce serait du reste une circonstance en faveur de la diffusion, si elle arrivait, avec des betteraves dont le jus est très-peu chargé, à obtenir des liquides d'une concentration presque égale à la concentration primitive. Négligeons cependant cette incertitude; même dans l'hypothèse où le chiffre de densité normale cité plus haut serait exact, on aurait retiré 90% de jus, résultat très-satisfaisant, et que, sous les réserves qui précèdent, nous prendrons pour base de nos calculs.

Remarquons en outre que les chiffres que nous venons de donner sont des rendements positifs et réellement constatés, que

nous ne saurions dès-lors admettre comme sérieuses les objections fondées sur ce qu'on ne trouverait plus de sucre dans les résidus. Cette méthode de contrôle par les résidus laisse place en effet à des erreurs inévitables, et les oscillations extrêmement fortes de la teneur en sucre dans les résidus (de 0,2 à 1,30), prouvent qu'il est au plus haut degré difficile de bien choisir les échantillons de pulpe destinés à l'analyse. Du reste, une perte en sucre de 0,2% de betteraves est, selon moi, très-faible, car, en supposant même que le jus contînt 11,33% de sucre, 0,2 % de sucre ne correspondent qu'à une perte de 2,26 % de jus. Or si, dans notre exemple, on n'a retiré que 90% de jus au plus, la perte réelle est de 6 parties de jus, ce qui correspond au minimum à une perte de 0,679 de sucre pour 100 k°ˢ de betteraves. Du reste, il faut bien qu'il y ait encore du sucre dans les résidus, puisque plus tard on constate qu'ils prennent dans les silos un goût acide caractéristique de la présence du sucre. Les partisans de la diffusion me paraissent donc avoir été un peu trop loin dans leurs affirmations, quand ils disent, d'une part, que l'on retire la presque totalité du sucre, et, d'autre part, qu'ils conviennent que les résidus sont sucrés (et acides plus tard). Ces deux assertions sont contradictoires: ou bien on a retiré tout le sucre dans la fabrication, et alors les résidus doivent être pauvres, ou bien les résidus deviennent acides, et ils devaient contenir une assez forte proportion de sucre. — Je constaterai aussi, qu'à ma connaissance du moins, on n'a pas encore fait d'analyses des résidus en les distinguant suivant leur position dans les vases de macération (savoir, vers le bas, au milieu de la hauteur, en haut, ou bien sur la périphérie et au centre). C'est donc un point au moins douteux, si, dans toutes les positions, les cossettes sont également épuisées. Il est plus que probable au contraire que le lavage ne se produit pas dans tous les cas et partout uniformément. A l'appui de cette hypothèse, je puis citer cette observation du docteur Seyferth, consignée dans le journal de l'association (1866, page 286), que la teneur en sucre des résidus de diffusion dans la fabrique de Rautheim, varie entre

0,01 et 1,31 %; comme les résidus représentent 70 % du poids des betteraves, ces chiffres correspondent à 0,007 et 0,92 pour 100 k^{os} de betteraves. Comment expliquer ces variations autrement que par l'épuisement inégal des cossettes? Dans le même journal (page 218), Bodenbender donne une teneur en sucre de 0,52 % de résidus, et l'on peut dès-lors admettre *que la teneur en sucre des résidus de diffusion est soumise à de très-fortes variations.*

En 1872, Cevvery annonce que l'essai de 292 échantillons de pulpe de diffusion en Bohême a donné une teneur moyenne en sucre de 0,28. Il est regrettable que l'auteur n'ait pas publié le détail de ces analyses qui aurait fait ressortir les variations dans la richesse en sucre, car ce qui nous importe, c'est moins le chiffre, de la perte que les variations de ce chiffre, partant l'incertitude du procédé. — D'autres chimistes ont trouvé de 0,16 à 0,326 et même 0,80.

Que dans la diffusion on soit exposé à des pertes de sucre sérieuses, si on laisse écouler trop tôt les liquides de macération, on le comprend de soi. Je dois à cet égard rappeler ce fait caractéristique que la teneur en sucre de ces eaux perdues varie de 0,00 à 0,35 % comme l'a reconnu lui-même, dans le journal de l'association, (1867, pages 719 et 720), M. Schoettler, un des plus chauds partisans de la diffusion. Ces différences me semblent énormes.

Si, par exemple, on laisse couler d'un vase de diffusion 2,920 k^{os} à 0,35 % de sucre, on perd, par une seule opération, 8^{k},76 de sucre, ou, comme un de ces vases contient environ 2,000 k^{os} de betteraves, 0,438 de sucre pour 100 k^{os} de betteraves, rien que dans les eaux de lavage.

Il est vrai qu'on admet souvent que ces eaux ne contenaient que 0,031 % de sucre, mais les tableaux publiés par M. J. V. Schoettler lui-même en 1867, (c'est-à-dire après deux ans de pratique de la diffusion) prouvent que ce chiffre est inexact.

20 analyses ont donné		(0,00 %)
19 - - -	0,05	(0,03 à 0,09 %)
24 - - -	0,15	(0,10 à 0,19 %)

10 analyses ont donné 0,25 (0,20 à 0,30 %)
1 - - - 0,35.

De sorte que la moyenne des 54 analyses dans lesquelles on a constaté une perte de sucre, ressort à 0,15 pour 100 parties d'eau ou, en nombres ronds, 0,22 % k^{os} de betteraves. Ce nombre résultant directement des expériences d'un partisan incontestable de la diffusion, nous partirons de là pour les calculs relatifs à la perte de sucre. Les différences considérables que révèle le tableau précédent, pour un travail fait en *vue d'un essai*, et avec un soin *tout spécial*, autoriseraient d'ailleurs à conclure que dans beaucoup de fabriques les pertes réelles sont encore plus fortes. Il n'est pas en effet un homme pratique qui ne sache ce qu'on doit attendre à cet égard, lorsque l'on procède en travail courant, avec moins de soins et moins de précautions.

D'après les données qui précèdent, nous pouvons admettre 0,22 % comme moyenne de la perte de sucre restant dans les eaux d'épuisement. Comme d'autre part, la perte de sucre dans les résidus est de 0,36 % le déficit total est de 0,58 % de betteraves.

Naturellement, cette perte augmente lorsqu'on travaille des betteraves très-riches; elle diminue pour des betteraves pauvres, et nous n'avons pas la prétention de présenter les calculs qui précèdent autrement que comme une approximation, tandis que le rendement de 90 % de jus est un chiffre plus précis et admissible pour tous les cas. Du reste, un résultat semblable est réellement bon.

Au reste, on ne saurait apprécier rigoureusement les pertes de la diffusion en se bornant à ajouter la teneur en sucre de la pulpe et celle des eaux perdues. Fischmann a démontré que, tandis que les pertes appréciables en sucre s'élévaient à 0,46 %, les pertes que l'analyse ne pouvait révéler s'élèvent à 1,28 %.

La nature de ces dernières pertes n'a pas encore été bien élucidée. Y a-t-il simplement décomposition du sucre ou production de composés secondaires? Fischmann prétend que le

sucre se dédouble en acide carbonique, etc., et qu'on peut mesurer volumétriquement l'acide carbonique dégagé dans les diffuseurs. Aussi a-t-il proposé pour obvier à cet inconvénient l'emploi de l'acide carbolique.

Quoiqu'il en soit, un fait incontestable se dégage de toutes les recherches, c'est que les pertes en sucre sont notables, en dehors de celles que l'analyse révèle directement.

Nous avons déjà signalé le mélange au jus d'une proportion d'eau variant de 30 à 40 % du poids de la betterave. J'ajouterai seulement que l'impossibilité où l'on se trouve d'opérer avec moins d'eau peut être parfois très-gênante, lorsqu'on ne dispose pas d'une quantité suffisante d'eau, ou dans les pays où le combustible est rare et cher comme dans la Russie méridionale. Dans ces dernières contrées, le problème réel consiste à obtenir encore un rendement de 90 % de jus en n'ajoutant que 10 ou 15 % d'eau.

Il est facile d'évaluer la quantité d'eau dépensée dans la diffusion:

40 % passent dans les jus,
65 % restent dans les résidus,
120 % s'écoulent au dehors comme eau d'épuisement.

Soit en tout 225 % du poids des betteraves, c'est-à-dire beaucoup plus qu'avec tout autre méthode. Ce point ne doit pas être perdu de vue lorsqu'on installe la diffusion, car il faut être assuré à l'avance de trouver cette quantité d'eau pure, bonne, peu chargée de sels et, autant que possible, froide. — D'un autre côté, les 40 % d'eau qui passent à la défécation avec le jus, exigent, pour leur condensation dans les appareils d'évaporation, une notable proportion d'eau.

La quantité de masse cuite que l'on obtient par la diffusion est naturellement proportionnelle à la quantité de jus produite, comme dans toutes les autres méthodes. Cependant, la qualité de cette masse cuite parait assez médiocre. Bien que l'analyse ne le révèle pas clairement, on a souvent observé que 100 parties de cette masse cuite, généralement visqueuse, donnaient moins de sucre que les masses ordinaires. A ce sujet

nous reproduisons ici deux analyses comparatives de masses cuites de diffusion et de presses.

	Diffusion.		Presses.	
	Seelowitz	Szacovitz	Seelowitz	Szacovitz
Sucre	78,250	81,750	79,250	81,500
Eau	13,062	9,995	11,886	10,597
Potasse et soude	3,394	2,648	3,468	2,642
Sels de chaux	0,425	0,859	0,139	0,701
Substances organiques	4,869	4,748	5,276	4,560

Rapportés à 100 de sucre, ces résultats deviennent:

Potasse et soude	4,337	3,239	4,363	3,245
Chaux et sels de chaux	0,543	1,050	0,175	0,860
Substances organiques	6,209	5,808	6,546	5,577
Matières solides étrangères . . .	11,089	10,297	11,084	9,682

Ces analyses prouvent que la masse cuite des jus de diffusion n'est *en rien supérieure* à celle des jus provenant des presses.

Il serait d'ailleurs facile de multiplier les preuves à l'appui de cette conclusion. Nous avons comparé les résultats obtenus, pendant la campagne 1868—69, au point de vue de la qualité des masses cuites, dans diverses fabriques de Wolhynie, voisines les unes des autres, mais produisant le jus par des méthodes différentes. Nous avons ainsi trouvé les chiffres ci-après:

Travail avec les presses hydrauliques:

Noms des fabriques.	Les masses cristallisées contenaient sur 100 parties:			
	Sucre.	Eau.	Sels inorganiques.	Matières organiques.
Czepetowka.	83,5	6,91	5,12	4,47
Klembowka.	80,8	6,79	5,6	7,26
Krassilow	86	4,5	4,4	5,4

Travail avec la diffusion:

Nom de la fabrique.	Les masses cristallisées contenaient sur 100 parties:			
	Sucre.	Eau.	Sels inorganiques.	Matières organiques.
Krementschugi . . .	79,0	7,6	5,53	7,53

On voit, d'après ces chiffres, que les masses cristallisées provenant de la diffusion etaient très-notablement inférieures à celles qu'avaient données, à l'aide des presses hydrauliques, des betteraves de qualité médiocre. La diffusion n'offre donc à ce point de vue aucun avantage sur les autres méthodes.[1]

Les travaux de Stammer sur le pouvoir de cristallisation des jus provenant des derniers diffuseurs donnent d'ailleurs des indications intéressantes sur la qualité de ces jus. Le jus du 9e cylindre polarisait 0,38 % (la pulpe 0,59!). Le sirop qu'on en obtint après le travail ordinaire de défécation polarisait 12,13 % à 17°,85 Balling, soit un quotient de pureté réelle de 75. La masse concentrée au bain-marie ne put cris-

1) "Nous avons reconnu en effet que le coëfficient du jus des pulpes extrait par macération à chaud est différent du coëfficient des jus extraits par la râpe et les presses. Il accuse moins de sucre et plus de sels, et, comme la macération et la diffusion récoltent ces produits inférieurs, la qualité de l'ensemble doit en être amoindrie à un degré quelconque." (Dubrunfaut.)

talliser. On y ajouta à trois reprises du sucre qui ne fit que se dissoudre, sans que la màsse pût être concentrée au delà d'une consistance gélatineuse. — La masse cuite provenant du jus du 10e cylindre avait une odeur aigre et désagréable on ne put la faire cristalliser. La composition de cette masse cuite était

Eau	17,2	
Sucre	56,4	
Cendres	12,4	Quotient 68,1
Matières organiques .	14,0	
	100	

Le jus du 11e cylindre avait un quotient de 49,7 on ne put l'amener à cristallisation. Enfin le jus du 12e cylindre accusait comme quotient de pureté 44.

Lors donc que les partisans de la diffusion parlent de la pureté plus grande des jus, (et cela doit s'entendre des matières azotées), il ne faut pas oublier, comme nous l'avons déjà fait remarquer, que la défécation et la saturation, c'est-à-dire les premières opérations de la fabrication font disparaître cette différence et font même pencher la balance en faveur du procédé des presses par rapport à la macération et aux turbines. Les jus de diffusion ne donnent pas des masses cuites supérieures aux autres. La pureté imaginaire ou réelle des jus de diffusion n'influe en rien sur le rendement final en la masse cuite. Mais, où l'analyse des masses cuites de diffusion n'indique plus rien, c'est sur la nature visqueuse de ces produits, défaut constaté du moins dans beaucoup de fabriques, et qui malheureusement, dans la pratique, exerce une influence très-préjudiciable. Souvent, et toutes choses égales d'ailleurs, les masses cuites de diffusion donnent un rendement plus faible en sucre cristallisé. M. Schoettler, entre autres, (le grand défenseur de la méthode brévetée de diffusion, et l'un des plus intéressés à la prôner comme constructeur de machines), a publié dans la livraison d'Avril 1868 du journal de l'association les résultats du travail dans son usine modèle de diffusion. Les communications mêmes de M. Schoettler prouvent qu'il est loin d'avoir

obtenu comme fabricant les brillants résultats qu'il pouvait désirer. Il indique en effet (pages 190 et 191), qu'il a retiré 12,27 % du poids des betteraves comme masse cuite. (Ses betteraves contenaient 12,03 % de sucre). Il a obtenu en 1er et 2e jets 8,07 % de sucre donnant au polarimètre 93 % et, en 3e jet, il comptait sur 0,40 % de sucre à 93 %. Si l'on ramène ces résultats à une teneur au polarimètre de 98 % de sucre, on voit que le rendement total n'est que de 8,01 % de sucre, soit 65,3 % de la masse cuite.

Ce résultat est assez mauvais pour qu'on n'en fasse pas compliment à l'auteur. Pour ma part, je suis habitué à avoir avec les presses au moins 70 de sucre marquant 98 à 99½ de richesse pour 100 parties de masse cuite et quand un procédé soit-disant nouveau, qui prétend donner des jus bruts notablement plus purs, conduit à un rendement en sucre si faible, je ne vois pas l'avantage qu'en pourrait retirer le fabricant. Les résultats que nous venons d'emprunter aux publications les plus favorables à la diffusion ne permettent donc plus de parler des rendements supérieurs de cette méthode de macération. Comment alors le même M. Schoettler qui, en 1868, publiait ces comptes définitifs de fabrication, avait-il pu, en 1867, (page 266 du journal de l'association), calculer sur un rendement en sucre qui représentait en argent, comme plus-value, 35,000^f^ (c'est-à-dire autant que coûte l'installation totale de la diffusion). Ses assertions se trouvent détruites par ses propres résultats, et d'ailleurs elles n'ont pas trouvé d'écho dans la pratique, à en juger par la faible extension de la méthode. Dans le journal de l'association, 1868 (page 436) M. Riedel, le représentant de la diffusion Robert en Prusse, faisant l'historique de la méthode, annonce que dans le Zollverein, (où marchent 291 fabriques), cinq travaillaient par la diffusion.

Après deux ans d'effort, après des réclames si favorables,[1] il faut avouer que le résultat est mince. Les avantages ne

1) D'après mes informations particulières, le comité de redaction du journal de l'association aurait refusé d'insérer les communications émanant de la fabrique de Waghäusel qui, après de couteuses tentatives, s'est vue forcée de renoncer à la

doivent donc pas être de nature à couvrir en une ou deux campagnes, par un rendement en sucre plus fort tous les frais de l'installation, car, sans cela, les fabricants de sucre de Magdebourg, qui ont la réputation de savoir si bien compter, n'auraient pas manqué de les mettre à profit.

De même, les propriétaires de Wulferstedt n'ont pas, que je sache, substitué à leurs anciennes presses la diffusion qu'on a tant prônée auprès d'eux depuis trois ans. On pourrait donc se croire autorisé à conclure que les avantages de ce mode de travail ne sont, ni aussi évidents, ni aussi considérables, qu'on le dit.

Si, en Bohême, on s'est prononcé pour la diffusion, ce fait prouve seulement que les conditions du travail ne sont pas les mêmes en Bohême qu'ailleurs. Par contre, en France, la diffusion n'a trouvé aucun écho, et en Russie une fabrique a déjà fait comme dans le Zollverein, elle a renoncé à la diffusion.

L'un des inconvénients principaux de la diffusion au point de vue de la Russie méridionale est qu'avec cette méthode on ne peut à un moment donné forcer la travail. Ainsi, avec des appareils installés pour 50,000 k[os] par jour, par exemple, on ne saurait, la campagne suivante, travailler 70,000 k[os] ou un chiffre plus fort. C'est en effet un des caractères de la diffusion qu'il faut un certain temps pour que les deux dissolutions en présence prennent la même densité. Que l'on opère sur du sucre de cannes ou sur du sucre de raisin, la diffusion se produit toujours proportionnellement aux surfaces de contact, à la différence de concentration des couches de liquide voisines, et au temps. Si donc ce dernier élément se trouve réduit, la diffusion de la solution sucrée ne saurait se produire complète; on perd une partie du sucre, tout en ayant à évaporer la même quantité d'eau, si non plus, pour 100 k[os] de betteraves. Dans ces conditions, il est clair que, pour travailler avec profit il

---

diffusion. Et cependant, il serait essentiel pour l'industrie du sucre toute entière de connaître les résultats qu'on a constatés dans cette usine.

faut laisser à l'opération une certaine durée minimum, et que, dans un temps donné on ne peut travailler qu'un quantité déterminée de matières.

Si, dans d'autres pays, cette condition ne présente aucun inconvénient (en Allemagne, en France, par exemple), il n'en est pas de même dans la Russie méridionale où, suivant les conditions climatériques, suivant les pluies, la récolte des betteraves varie souvent de 50 % et même de 100 %. Avec les presses, on obvie à cette éventualité simplement en faisant travailler une ou deux presses de plus, en réduisant l'eau ajoutée à la râpe et, en cas de besoin, en réduisant la durée de la pression. Dans ces conditions, le travail s'exécute sûrement et vite, attendu que les appareils d'évaporation ont toujours des dimensions suffisantes.

Dans la diffusion, l'addition d'un ou deux diffuseurs serait loin de produire les mêmes résultats et d'assurer les conditions qui seules permettent au fabricant de travailler avec profit. On serait donc amené à établir une seconde batterie tout entière, avec des diffuseurs plus petits, il est vrai, pour suffire à un travail plus considérable. Par suite, on serait nécessairement forcé d'augmenter les moyens d'évaporation, les appareils à concentrer, les générateurs etc., de s'engager dans des dépenses considérables. Ces raisons font que la diffusion rencontrera toujours de sérieuses difficultés dans la Russie du Sud. J'ajouterai que les conditions de l'impôt pour le travail de la diffusion n'ont pas été encore réglées et, à ce titre, le fabricant fera bien de ne pas trop se hâter de l'installer, et de peser mûrement les deux observations qui précèdent.

A ces différentes considérations, il convient d'ajouter que la diffusion exige beaucoup d'eau, d'une grande pureté et à une basse température. Or, tous ceux qui connaissent l'industrie de la betterave dans la Russie méridionale savent que cette condition n'est remplie que dans des cas extrêmement rares.

Enfin, la diffusion exige des appareils d'évaporation notablement plus grands que le travail avec les presses, (surtout lorsque l'on combine ce dernier avec la macération, et que l'on

n'emploie que 12 à 15 % d'eau pour un rendement de 90 à 92 % en jus). La diffusion réclame 40 % d'eau, et la différence entre les deux méthodes se traduit par 25 % d'eau à évaporer inutilement et par une dépense correspondante de combustible. L'avantage en faveur des presses est donc considérable, surtout dans les pays où le combustible est très-cher, et où il n'est pas indifférent de travailler avec la même quantité de bois 25 ou 30 % de betteraves en plus.

Comme dernière considération, nous ajouterons que le travail par diffusion exige une surveillance incessante et intelligente, qu'il exige l'emploi du polarimètre, du thermomètre, et c'est une condition désavantageuse, là où les ouvriers se renouvellent fréquemment et sont hors d'état opérer avec les précautions nécessaires. Or, à ce point de vue, les plus chauds partisans de la diffusion conviennent que la plus petite négligence (dans la détermination du moment convenable pour vider un diffuseur, par exemple), peut entraîner des pertes sérieuses. Dans ces conditions il vaut évidemment mieux renoncer à un procédé qu'on n'est pas assuré de suivre avec succès. Je le répète d'ailleurs, si la diffusion peut donner des résultats satisfaisants avec de bonnes betteraves, il est loin d'en être de même avec des betteraves de mauvaise qualité, altérées, ou récoltées avant maturité, et on ne doit pas perdre de vue l'exemple des fabriques de Waghäusel dans le Zollverein, de M. Malzof en Russie, qui ont dû renoncer à la diffusion par suite de son rendement trop faible en sucre.

D'autre part, il est impossible, avec la diffusion, de continuer à déféquer avec profit d'après l'ancien système. On serait forcément amené à installer les machines à gaz et à bouleverser toutes les conditions de la fabrication. Je ne saurais donc trop recommander à l'industrie russe de n'adopter qu'avec grande circonspection un procédé aussi difficile.

On entend souvent citer à l'avantage de la diffusion que, dans ce travail, les jus arrivent aux chaudières de défécation avec une température de 40 à 50°. Cet avantage n'a rien de sérieux. Au point de vue de la dépense de vapeur et par

suite de combustible, c'est tout un de chauffer les jus à la défécation même ou dans les réchauffeurs, comme on le fait pour la diffusion. Il serait même facile de démontrer que la diffusion exige plus de vapeur, car il faut porter à 40 ou 50° la totalité de la pulpe, c'est-à-dire le poids total des betteraves, et cette chaleur est entièrement perdue. Dans une campagne, en travaillant 7,500 tonnes de betteraves, cette quantité de chaleur représente 7,500,000 × 40 ou 300 millions de calories. Si l'on admet qu'un kilogramme de charbon fournisse réellement 3,500 unités de chaleur (en tenant compte des pertes dans le foyer et dans la transmission de la chaleur), on voit que pour une campagne, avec la diffusion, l'échauffement des betteraves consomme en pure perte 85,000 k^{os} de combustible. Il suffit d'ailleurs de remarquer, pour comprendre le défaut de la méthode à ce point de vue, qu'on échauffe le jus dans les réchauffeurs jusqu'à 90° pour le refroidir à 40° et le reporter ensuite à 100°. On perd dans cette série d'opérations 50 calories environ par kilogramme de jus, perte qui ne se présente pas avec les autres méthodes où l'on n'échauffe le jus qu'en une seule fois jusqu'à 100°.

Enfin, la quantité de résidus qu'on obtient avec la diffusion est très-forte (70 à 75 %), soit les trois-quarts du poids total de betteraves, et l'utilisation de ces matières présente de graves ennuis sur beaucoup de points, en Russie notamment, eu égard aux conditions du pays et du climat. Non seulement les transports d'aussi grandes quantités sont très-difficiles dans des contrées où les chemins n'ont pas de fond, mais ces matières sont exposées à geler par les grands froids, et, dans cet état, on ne peut ni les employer immédiatement comme engrais, ni les mettre en silos pour les conserver. Or, si la pulpe est exposée ainsi plusieurs fois à la gelée et au dégel successifs, naturellement elle se perd et devient inutilisable.

Quant à soumettre ces pulpes de diffusion sous forme de lanières à l'action ultérieure d'une presse, ce serait un travail qui absorberait beaucoup de force, et rendrait illusoire l'économie sur la main-d'œuvre que peut donner cette méthode.

D'ailleurs, les presses construites jusqu'à ce jour appartiennent encore à la série des machines compliquées dont la diffusion a précisément pour but principal d'éviter l'emploi. Enfin, il ne faut pas se dissimuler que cette pression enlève à la pulpe une partie plus ou moins grande de sa valeur comme aliment.

Si l'on tient absolument à presser, on est alors amené à se poser cette question: est-il plus avantageux de macérer (ou de diffuser pendant quatre heures) et de presser ensuite, ou d'employer la presse d'abord et la macération d'après? Dans le second cas, *l'opération entière pour extraire la totalité du jus ne dure que vingt minutes, elle exige tout aussi peu de force, n'emploie que des machines très-simples et garantit un rendement en jus plus sûr et plus élevé, tout en n'ajoutant que 10 à 15 % d'eau à la betterave.* La question est donc pour le moins douteuse, et peut-être l'avenir la résoudra-t-elle autrement qu'en faveur de la diffusion, au moins pour les fabriques de la Russie méridionale.

Au point de vue de la valeur comme aliment des résidus de diffusion, il ne faut pas oublier que ces résidus, tels qu'ils sortent des diffuseurs, contiennent de 94 à 96 % d'eau. Lorsqu'ils ont été conservés pendant plusieurs semaines en tas compacts et qu'ils ont pu égoutter librement, le maximum de matières solides qu'ils puissent renfermer n'est que de 8½ %. En admettant même que la proportion des matières solides atteignît 10 %, 18^k,8 de ces résidus de diffusion ne représenteraient que 5^k de pulpe de presse. A ce sujet, le docteur Kuhn de Brunswick fait remarquer "qu'il est clair que cette forte proportion d'eau doit diminuer la force de la fermentation et empêcher la température de s'élever. Elle doit en outre réduire la valeur de la pulpe au point de vue de l'alimentation, le bétail se trouvant obligé d'absorber sans grand profit une quantité colossale d'eau qui ne fait que diluer l'élément nutritif, et qui peut amener de fâcheuses conséquences durant les froids de l'hiver." Le professeur W. Wicke indique, (page 523 du journal de l'association 1867), que d'après des essais pratiques et comparatifs, les résidus de diffusion donnaient 14 % de plus de matières fécales sèches que la pulpe

de presse, ce qui prouve que l'aliment nutritif de ces résidus est mal utilisé. Ces remarques faites, nous reproduirons ici les analyses de ces matières, d'après divers expérimentateurs.

Expérimentateurs:	1865	1865	Dr. Wicke 1866	Dr. Bodenbender 1866	Dr. Wicke 1867	
Fabriques:	Seelowitz	Seelowitz	Seelowitz	Rautheim	Einbeck	
	pulpe fraiche.	après 7 semaines.			en février	en mars.
Sucre	Trace (?)	0 (?)	1,065	0,52	0,93	0,35
Graisses	—		0,436	—	0,16	0,15
Matières azotées . .	0,51	0,47	11,749	2,47	1,29	0,76
Cellulose	1,00	1,00	21,487	3,50	3,06	2,18
Principes extractifs .	3,38	3,38	56,843	13,77	4,79	6,55
Sels par incinération	0,31	0,31	6,325	1,46	1,03	1,03
Sable et argile . .	0,41	0,41	2,095	2,25	2,50	1,87
Eau et résidu sec .	5,61[1]	6,98[1]	—	76,03[2]	86,24	87,11
	4f °°/₀₀ k°s	5f,28	—	18f,60	8f,40	7f,20

Je me borne à reproduire ces analyses telles qu'elles ont été publiées, laissant au lecteur lui-même le soin d'en déduire la valeur à attribuer à ces résidus dans chaque cas particulier.

Nous passerons maintenant à la question du nombre des ouvriers nécessaires pour la diffusion, car c'est le point qu'on présente d'habitude comme le plus important dans cette méthode, et la source principale d'économie. M. Schoettler indique lui-même[3] qu'il faut, pour une batterie complète, comme ouvriers:

	Dépense en salaires.	Soit par 1000 k°s de betteraves	
		ouvriers.	argent.
Avec la diffusion 18 ouvriers pour 32,500 k°s de betteraves	24,84	1,38	0f,76
Avec les turbines 26 ouvriers pour 40 à 42,500 k°s de betteraves	32,55	1,50	0f,77
Avec la macération de Schutzenbach 20 ouvriers pour 32,500 k°s	32,55	1,53	0f,72

Nota: Les chiffres pour la diffusion ne comprennent pas l'enlèvement des résidus.

1) Matières desséchées.

2) Ces 76,03 ont seulement été calculés pour permettre la comparaison avec la pulpe de presse.

3) Journal de l'assoc. des fabr. allem. pp. 722, 724 et 725.

Si l'on observe que, dans le calcul précédent, on n'a pas fait figurer au compte de la diffusion la main-d'œuvre pour le transport des résidus, tandis que pour les turbines et la macération ce travail est compris pour deux ou trois hommes par poste, il suffit de considérer la dernière colonne pour se convaincre que, d'après les données même de M. Schoettler, la diffusion est moins avantageuse au point de vue du nombre des ouvriers que les autres méthodes antérieures. Quant aux calculs analogues établis par M. Schoettler pour la main-d'œuvre avec les presses, les bases dont il part ne sont point applicables dans la majorité des cas. Ainsi, il admet l'emploi de presses de 55^{c} de côté, tandis que nous avons des presses dont les sacs ont 80^{c} de côté. L'auteur que nous citons parait d'ailleurs complètement ignorer la matière dont se fait le travail dans les fabriques de Russie avec de grandes presses.

Je ferai pourtant une concession, et je supposerai que le nombre des ouvriers nécessaires pour la diffusion soit encore plus faible que celui donné par M. Schoettler, qu'il ne soit que de 15 ouvriers pour un travail journalier de 50,000 k^{os} au lieu de 32,500, en admettant la répartition suivante du personnel:

Pour alimenter la machine à diviser les betteraves .	1(?)
Pour le chargement des charriots de transport aux chaudières à réchauffer	2
Pour la manœuvre et la surveillance des robinets . .	1
Pour fermer, ouvrir et ckarger les diffuseurs . . .	4
Pour vider et nettoyer les récipients	2
Pour les travaux de nettoyage général	1
Pour le service des presses à résidu	4
Total des ouvriers . . .	15

Sans compter l'enlèvement des pulpes. — C'est ce nombre de 15 que nous prendrons comme base de nos calculs.

Les frais d'installation pour la diffusion sont naturellement variables suivant l'importance de la fabrique. Pour un travail

journalier de 50,000 k^{os}, on peut admettre les données suivantes:

1	machine à diviser	3,600 f
10	diffuseurs en tôle pesant chacun 1000 k^{os} à 72 f les 100 k^{os}	7,200 -
50	soupapes en fonte	4,500 -
20	robinets	1,296 -
30	tuyaux coudés	324 -
15	tuyaux droits	540 -
600	érrous, boulons, etc.	360 -
3	charriots de transport pesant 300 k^{os} . . .	1,260 -
	Total	19,080 f

En partant de ces données, on peut établir le prix de revient d'extraction de 100 parties de jus comme il suit, en adoptant les mêmes bases que dans tous nos calculs analogues:

6,000,000 k^{os} de betteraves à 24 f les 1000 k^{os}	144,000 f
Transport et nettoyage (comme précédemment)	4,032 -
Intérêts et amortissement de l'installation à 10 % sur 19,080 f	1,908 -
15 ouvriers par poste soit 30 par jour et pour la campagne 3,600 journées à 1 f,20	4,320 -
Enlèvement des résidus (60 à 70 % du poids des betteraves) 4 ouvriers, soit pour la campagne 690 journées à 1 f,30	1,152 -
Réparations, remplacement et aiguisage des couteaux, rodage des robinets, etc.	1,440 -
Pour la presse à résidu, intérêt et amortissement, réparations, etc.	1,260 -
Combustible pour la machine à vapeur, 8 chevaux de force; 88 tonnes de houille à 36 f . . .	3,168 -
L'évaporation de 40 % d'eau à enlever au jus correspond à 24,000 hectolitres d'eau; en admettant qu'un kilogramme de charbon vapo-	
Total . . .	161,280 f

Report . . .	161,280 f
rise 5 k^os d'eau, on doit compter de ce chef	
480 tonnes de charbon à 36f[1]	17,280 -
Total . . .	178,560 f

Comme produit, on obtient 90 % de jus à la densité initiale, soit, sur 6,000,000 k^os de betteraves, 5,400,000 k^os de jus. Ce jus revient donc par 100 k^os à 3f,31. Or, dans le système de macération à froid de Schutzenbach, ce prix de revient était, (page 349), de 3f,35. Dans le procédé aujourd'hui presque universellement adopté en Russie, qui comporte l'emploi des presses avec la macération, nous avons vu que même en ne comptant que 89 % de rendement en jus, chiffre modéré puisqu'on obtient en réalité 90 à 92 %, ce prix n'était que de 3f,32. La conclusion nécessaire est donc que la diffusion n'offre au point de vue de l'extraction du jus aucun avantage pécuniaire, qu'elle ne fait pas ressortir à un prix moins élevé que les autres méthodes la valeur des 100 k^os de jus ramené à la densité initiale.

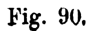
Nous ne saurions terminer ce chapitre sans parler des modifications et des améliorations dont la diffusion a été l'objet dans ces dernières années.

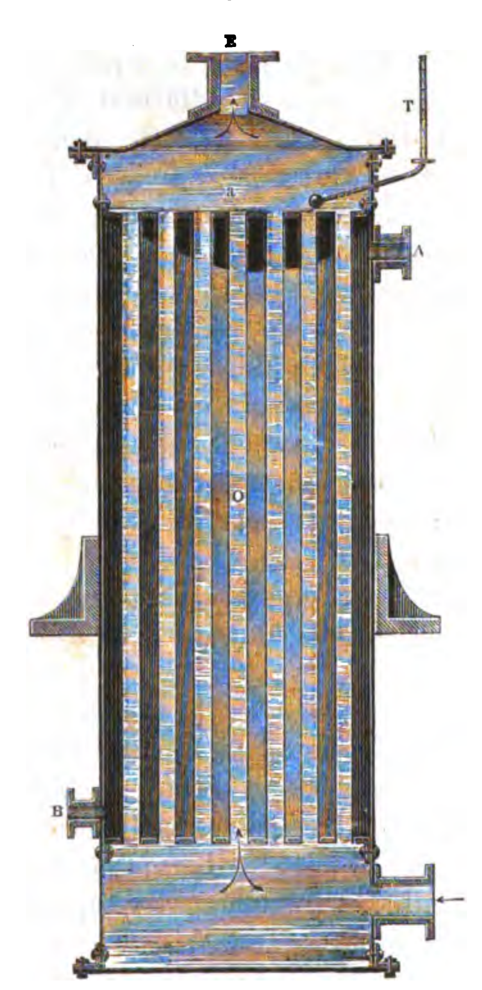
Parmi ces modifications, nous citerons la méthode de Schultz. La circulation des jus s'opère d'une manière rationnelle: le déplacement s'effectuant de bas en haut. En outre, dans cette méthode, on réchauffe légèrement les jus faibles en les portant à la température de 40 à 45°. Lorsqu'on étudie en effet les procédés de macération et de diffusion on s'aperçoit bien vite qu'une température trop élevée est nuisible pour la cristallisation du sucre.

En outre, Schultz recommande, au lieu de faire arriver le jus ainsi réchauffé sur des cossettes fraiches, de le faire agir sur le liquide du diffuseur précédent, et d'envoyer par dépla-

1) On n'a pas compris dans ce chiffre les 87 tonnes de houille nécessaires pour réchauffer jusqu'à 45 ou 50° la pulpe de betteraves, quoique cette quantité de houille représente encore une somme de 3,150f qui devrait figurer au compte de la diffusion.

cement ce dernier liquidè sur la cossette fraiche. On obtient ainsi une gradation plus ménagée pour l'achon de le chaleur.


Fig. 90.



Le procédé que nous venons de décrire constitue une amélioration réelle du travail pratiqué par Robert. Néanmoins nous donnerions encore la préférence au mode de diffusion préconisé par Ed. Skala.

Ce procédé est fondé sur l'interposition dans la batterie de diffusion d'un cylindre réchauffeur, représenté dans la figure 90 ci contre: la vapeur envelope les tuyaux dans l'intérieur desquels circule le jus qui doit couler dans le diffuseur suivant de la sorte, les jus se trouvent réchauffés sans perte de temps, la batterie se maintient à la température voulue, enfin on évite complètement l'influence de l'air extérieur sur les jus. — Ce mode de travail a été adopté dans un grand nombre de fabriques.

Livre III.

MÉTHODES
D'ANALYSE SACCHARIMÉTRIQUE.

Chapitre I.

Dosage du sucre dans les pulpes épuisées.

Il est essentiel, en fabrication, de connaître la quantité de sucre que retiennent les pulpes épuisées et qu'elles font ainsi perdre pour le rendement définitif. Cette quantité peut se déterminer, soit en épuisant la pulpe par l'alcool, soit en la soumettant à l'essai polarimétrique. Dans le premier procédé, on prend un poids connu de pulpe épuisée, (pour les presses hydrauliques on peut prendre l'équivalent d'un demi-sac ou la moitié de cette quantité, soit 150 à 300 grammes); on dessèche cette matière aussi rapidement que possible et, à cet effet, on peut utiliser l'air chaud des étuves ou des emplis en étendant la pulpe sur une mince épaisseur. La matière desséchée est râpée et épuisée à plusieurs reprises, à chaud, par de l'alcool marquant de 75 à 80°. On concentre la totalité de l'extrait ainsi obtenu à une douce chaleur, au bain-marie, et on pèse le résidu solide dès qu'il est entièrement sec, c'est-à-dire quand une dessiccation plus prolongée n'amène plus de diminution dans le poids. Toutefois, cette méthode ne donne que des indications approximatives, car le résidu qu'on obtient ainsi

n'est jamais du sucre pur; l'alcool dissout toujours, en même temps que le sucre, plusieurs des principes minéraux ou organiques qui existent dans la betterave. Le mode d'analyse précédent ne donne donc pas de résultats absolument exacts, mais, en revanche, il présente sur les autres procédés l'avantage de fournir par pesée directe la substance dont on veut déterminer la proportion.

[L'épuisement de la pulpe s'opère plus sûrement et plus facilement, de la manière suivante, en faisant, usage d'un petit appareil fort simple. On prend un ballon de 100 cent cubes environ, ou y verse 50 cent cubes d'alcool à 82° centésimaux, et on y ajuste un bouchon percé d'un trou dans lequel s'engage le col d'une petite allonge contenant la matière séchée et finement divisée: cette allonge est elle même fermée par un bouchon surmonté d'un tube à boules dans lequel se trouve un peu d'eau, et qui permet la sortie ou la rentrée de l'air en fonctionnant comme tube de sûreté. L'appareil ainsi disposé est chauffé au bain-marie: sous l'action de la chaleur, l'alcool distille peu à peu et vient se condenser dans l'allonge; quand tout le liquide est ainsi passé du ballon dans l'allonge, on refroidit le ballon de manière à y déterminer la rentrée de l'alcool; on répète trois ou quatre fois cette opération: l'alcool contient alors tout le sucre de la matière épuisée, il est recueilli dans une capsule et lentement évaporé. Le résidu sec peut être pesé comme dans l'expérience précédente, mais comme il contient toujours des matières extractives et colorantes, il est mieux de reprendre par l'eau qui ne dissout pas ces impuretés, et de passer la liqueur limpide au saccharimètre. Dans ce cas, pour simplifier les calculs, on prend un poids de matière qui est un multiple simple de 16gr,35 le double suffit le plus généralement. On conçoit que l'on peut disposer un bain marie particulier pouvant porter un certain nombre de ballons, ce qui permet de faire plusieurs opérations simultanées.]

Malgré sa simplicité apparente, l'analyse par l'alcool est plus longue que l'essai au polarimètre. Ce dernier, d'un

autre côté, peut, comme toutes les analyses, donner des résultats très-variables suivant que l'on opère avec plus ou moins de soin. Aussi, croyons-nous devoir recommander la méthode suivante d'Otto comme la plus sûre, bien qu'elle exige un œil très-exercé et un appareil très-exact, attendu que l'opération s'effectue sur des dissolutions très-étendues.

Supposons qu'on veuille analyser des tourteaux provenant de presses hydrauliques, minces, et dont la betterave avait reçu 36 % d'eau à la râpe. On prend le contenu d'un sac, soit 450 grammes environ, encore frais. Ce résidu est râpé fin, et, après en avoir retiré les semelles de betterave non divisée, on mélange intimement la pulpe à la main dans une grande capsule de porcelaine. Sur cette masse devenue bien homogène, on prélève 100 grammes dont on détermine la teneur en jus. A cet effet, les 100 grammes de pulpe sont étendus sur une étamine de flanelle bien égale et fixée sur un chassis, puis la pulpe est lavée complètement et à plusieurs reprises avec une grande quantité d'eau. On facilite d'ailleurs le mélange intime de l'eau avec la masse en malaxant et divisant celle-ci à la main pendant qu'on fait arriver l'eau. Le résidu épuisé est desséché et pesé. Dans l'expérience d'Otto prise comme type, on trouva ainsi, comme poids, 26gr,5; par suite, les 100 gr. de pulpe contenaient 100—26,5 ou 73gr,5 de jus étendu, c'est-à-dire d'eau et de substances solubles.

Pour procéder alors à l'essai de polarisation, on prélève sur le tourteau pris comme échantillon une nouvelle quantité de 100 grammes[1] que l'on mélange dans une capsule de porcelaine avec 300 grammes d'eau chaude. On agite le tout jusqu'au moment où l'on est sûr que tout le jus de la pulpe s'est

1) Il est à peine besoin de faire remarquer qu'au lieu de 100 grammes on peut prendre comme échantillon une quantité quelconque de pulpe, et qu'au lieu d'opérer sur un seul tourteau, on peut en râper et en mélanger plusieurs, de façon à avoir un résultat moyen plus exact. Cette dernière méthode est surtout préférable lorsqu'on ne veut faire qu'un petit nombre d'essais similaires. Au contraire, si l'on avait besoin de chiffres partiels exacts, il vaudrait mieux déterminer, sur différents sacs, et la quantité de jus et le degré polarimétrique, de manière à avoir des résultats maximum et minimum.

mélangé avec l'eau. En pressant fortement, on obtient un jus très-dilué que l'on soumet à la polarisation. Dans notre exemple, on trouve $1\frac{1}{2}$ % de sucre. Donc, le poids total de jus qui, d'après la première expérience, était de 373^{gr},5, (300 + 73,5), renfermait un poids de sucre de $\frac{373,5}{100} \times 1,5$, soit 5^{gr},6. Ces 5^{gr},6 de sucre se trouvaient dans le jus des 100 grammes de tourteau soumis à l'essai. La pulpe analysée renfermait donc 5,6 % de sucre.

L'analyse peut d'ailleurs se simplifier notablement si, au lieu de déterminer par un épuisement long et délicat la quantité de jus contenue dans la pulpe, on se borne à dessécher celle-ci, et si l'on prend la proportion d'eau ainsi trouvée pour remplacer dans les calculs la quantité réelle de jus. L'erreur qui en résulte est minime et complètement négligeable, en regard de la simplification que cette méthode amène dans le travail. Ainsi, dans le cas précédent, 100 grammes de la pulpe prélevée ne pesaient plus après dessiccation que 35 grammes. La proportion d'eau était donc de 100 — 35 = 65 %. Ces 65 % d'eau substitués aux 73,5 de jus dans le calcul de polarisation donnent $\frac{365}{100} \times 1,5 = 5,47$ % de sucre au lieu du chiffre exact que nous avons précédemment trouvé, 5,6 %. On voit que la différence est insignifiante, car elle ne représente que $\frac{0,13}{5,16}$, soit environ $\frac{1}{43}$^{e} de la proportion réelle.[1]

Si maintenant nous rapprochons les résultats obtenus sur chacun des échantillons, il nous sera facile d'en déduire la composition de la pulpe analysée:

---

1) Il serait d'ailleurs facile de réduire encore les limites des erreurs dues à la méthode rapide dont l'exposé précède; il suffirait de procéder par approximations successives! après avoir déterminé une première valeur approchée du sucre en ne tenant compte que du poids de l'eau, il suffirait de recommencer le calcul en prenant pour valeur plus approchée du jus le poids de l'eau augmenté de celui du sucre donné par le calcul précédent. On trouve de la sorte dans l'exemple cité, comme seconde approximation, 55,5 % de sucre et l'erreur se trouve réduite de moitié. (N. du tr.)

Par l'épuisement à l'eau, on a trouvé 73,5 % de jus étendu, pour lequel la dessiccation directe de la pulpe indique 65 % d'eau. Il restait donc 73,5 — 65 = 8,5 % de principes solubles. Sur ce chiffre, la polarisation a donné 5,6 % de sucre. La différence représentait donc pour les matières solubles étrangères 8,5 — 5,6 = 2,9 %.

On a, par suite, sur 100. de pulpe après pression, la composition suivante:

	65	eau	
35 résidu sec	5,6	sucre	8,5 de matières solubles
	2,9	matières solubles étrangères	
	26,5	résidu insoluble	
	100.		

Comme cette pulpe représentait 17,5 % du poids de la betterave, on trouve que 100 parties de betteraves donnent une pulpe composée de:

11,37	eau
0,98	sucre
0,50	matières solubles étrangères
4,65	résidu et cellulose
17,5.	

D'autre part, il résultait d'autres expériences d'évaporation et de polarisation que le jus des betteraves d'où provenait cette pulpe fournissait en moyenne:

14,3 % de matière solide comme résidu d'évaporation,

11,5 % de sucre.

On en conclut que, dans 100 parties de betteraves mises en fabrication, il y avait:

$\frac{96 \times 14,3}{100}$ = 13,7 de matières solides dans le jus, dont

$\frac{96 \times 11,5}{100}$ = 11,0 de sucre, par suite

2,7 de matières solides étrangères.

D'après ces chiffres, on voit que le rapport entre le sucre et les matières étrangères solubles n'est pas le même dans la

betterave et dans la pulpe pressée. Il est beaucoup plus avantageux dans la première où il atteint $\frac{11,0}{2,7}$, tandis que dans les tourteaux il n'est plus que de $\frac{5,6}{2,7}$.

Il en résulterait que le taux % de sucre rapporté aux matières solides du jus serait dans le premier cas $\frac{11,0}{11,0 + 2,7}$ $= 80,2$ %, dans le second $\frac{5,6}{5,6 + 2,9} = 65,0$ % seulement.

Cette différence est trop considérable pour qu'on puisse la négliger. D'ailleurs, d'autres observateurs ont trouvé des résultats encore plus discordants. Ainsi Otto (Industries agricoles), a trouvé 5,2 de sucre pour 10,4 de matières solides dans des jus provenant de pulpe épuisée, ce qui fait ressortir la quantité de sucre rapportée aux matières solides à 50 %.

Des différences de cette importance prouvent, ou bien que l'on prend un chiffre trop fort pour les matières solubles dans la pulpe, ou bien que la richesse saccharine indiquée par le polarimètre est trop faible. Lorsqu'on épuise la pulpe avec de l'eau chaude, il est probable qu'une partie de la pectose des cellules entre en dissolution et vient s'ajouter aux matières réellement solubles. Il peut également se faire que, pendant l'épuisement, des parties très-tenues de ligneux passent à travers le tissu de l'étamine et figurent ainsi plus tard au nombre des principes solubles. Il se peut enfin que les trois causes que nous venons de signaler, résultat trop faible au polarimètre, formation de pectine, entrainement de particules solides, concourent à la fois pour troubler l'exactitude du résultat. Dans les expériences citées plus haut, on n'avait lavé qu'à l'eau froide, bien que plusieurs praticiens recommandent d'achever l'épuisement avec de l'eau chaude.

M. Corenwinder assigne à la pulpe fraîche des presses hydrauliques la composition moyenne suivante:

Eau	71,420
Sucre	3,620
Matières grasses	0,628
Cellulose	10,345
Albumine	2,381
Pectose etc.	9,434
Matières minérales	2,172
	100,000.

La pulpe que fournissent les turbines n'aurait pas besoin, à la rigueur, d'être macérée avec de l'eau, pour qu'on pût déterminer sa richesse saccharine. Il est facile, par la pression, d'en retirer un jus que l'on essaie directement au polarimètre, et dont on peut dès-lors établir, comme plus haut, la composition. Toutefois, une addition d'eau, naturellement plus faible que pour les tourteaux de presse, donne des résultats plus exacts, parce que cette eau déplace et fait passer dans la liqueur filtrée une partie du jus que retiennent les cellules non déchirées.

Pour faire l'essai, on prend dans la turbine même et immédiatement après l'extraction du jus, sur toute la hauteur de l'appareil, une tranche verticale de $0^{m},15$ de large environ. La masse est soigneusement mélangée dans une grande capsule de porcelaine.

Sur cette quantité, on prélève 100 grammes que l'on dessèche et qui donnent, par exemple, $17^{gr},6$ de résidu desséché. La pulpe contenait donc 100 — 17,6 soit 82,4 % d'eau. 100 autres grammes de pulpe fraiche sont mélangés à 100 grammes d'eau chaude et pressés quelque temps après. Le liquide est essayé au polarimètre et marque 1,3 %; par suite, sur 182,4 de liquide, on trouve $\frac{1,3 \times 182,4}{100} = 2^{gr},3$ de sucre. La pulpe contenait donc 2,3 % de sucre. Comme on voit, nous avons, ainsi que dans l'exemple précédent, remplacé dans le calcul la quantité réelle de jus par la quantité d'eau que renfermait la pulpe. Cette simplification était permise, car l'erreur

qui en résulte ne représente pas, dans les cas les plus défavorables, $^1/_{10}$° % de sucre. Si en effet on prend, par exemple, comme quantité de jus 185,7, ce qui revient à ajouter aux 2,3 % de sucre trouvés 1 % de matières étrangères solubles, chiffre évidemment trop fort, on trouve que la quantité de sucre calculée sera de 2,41 % $\left(\frac{1,3 \times 187,7}{100}\right)$, tandis qu'en négligeant cette correction nous avons trouvé 2,36 %. La différence n'est donc que de $\frac{0,05}{2,41}$ soit $^1/_{48}$°, erreur négligeable dans la pratique.

Dans l'exemple choisi, 100 parties en poids de betteraves donnent environ 32 de pulpe après turbinage; d'autre part, les betteraves contenaient 12,8 % de sucre (le jus marquant 13,3 %); il en résulte que la perte absolue de sucre est $\frac{2,36 \times 32}{100}$ = 0,75 % et qu'en rapportant cette perte à la quantité totale de sucre, 12,8, on trouve pour la perte relative $\frac{0,75}{12,8}$ soit $^1/_{17}$° du sucre total. En d'autres termes, la pulpe après turbinage, conservait $^1/_{17}$° du jus de la betterave non étendu, soit une perte de $96 \times \frac{1}{17}$ ou 5,6 % de jus.

Les résidus de la macération ne sauraient fournir par la simple expression de leur jus une indication exacte de leur richesse saccharine; la proportion de sucre y est trop faible pour se prêter à un dosage polarimétrique. Aussi doit-on procéder autrement: un poids connu du liquide fourni par la pression de cette pulpe est évaporé et réduit au 8° ou 10° du poids primitif. Il suffit de diviser ensuite par 8 ou par 10 le titre de richesse saccharine accusé par cette liqueur concentrée. Il est facile d'ailleurs d'en déduire la quantité totale de sucre perdue dans le liquide qu'on laisse à la pulpe.

Ventzke recommande une autre méthode pour l'analyse de la pulpe par la polarisation. Pour les résidus de presse,

il se borne à essayer au polarimètre le jus qui coule en dernier lieu de la presse, et il suppose que ce jus est identique à celui qui reste dans les sacs avec la pulpe. Ceci admis, il calcule facilement la quantité de sucre que retient la pulpe.

Dans cette méthode d'essai, on peut établir les calculs comme suit: 100^{gr} de pulpe ont laissé après dessiccation $33^{g},5$ de résidu. La quantité d'eau était donc de 66,5 %. Le jus qui coulait à la fin de la pression marquait 6,5 % au polarimètre; il contenait donc 6,5 de sucre pour 93,5 d'eau et de matières étrangères solubles. D'après ces chiffres, et en comptant comme eau les matières étrangères, les 100^{gr} de pulpe renfermant 66,5 % d'eau contiennent $66,5 \times \frac{6,5}{93,5} = 4^{g},6$ de sucre. L'erreur provenant de ce que les matières étrangères sont comptées comme eau est très-faible; si l'on admet en effet qu'il y avait 2 % de matières étrangères solubles, la différence est de $\frac{2}{93,5}$ ou $^{1}/_{46}{}^{e}$ du taux % calculé plus haut, et le chiffre réel serait 4,7 au lieu de 4,6. Une aussi faible différence ne saurait infirmer l'emploi de cette méthode d'analyse; mais le procédé de Ventzke présente cet inconvénient très-grave que, presque toujours, le jus retenu dans la pulpe est plus concentré que celui qui coule de la presse. Les jus ne pourraient avoir la même densité que si l'on pressait de la pulpe sans addition d'eau. Mais si, avec une seule pression, on fait arriver de l'eau à la râpe, (et c'est ce qui se fait toujours), ou si on soumet les sacs à une seconde pression après les avoir plongés dans l'eau, comme nous l'avons indiqué déjà, le jus qui reste dans la pulpe est toujours plus riche que celui que l'on recueille. En fait, la même pulpe, qui avait donné plus haut 4,6 % de sucre par la méthode de Ventzke, en donna 5,3 % avec le procédé d'Otto. Les deux essais avaient été faits chacun sur 100 grammes prélevés dans un même échantillon qu'on avait eu soin de râper à nouveau, et de mélanger soigneusement ensuite comme nous l'avons indiqué.

La différence constatée ne peut donc provenir du défaut d'homogénéité entre les deux échantillons. L'addition d'eau à la râpe avait été de 36 à 40 % et l'on obtint 17,8 % de résidu de pression. La méthode de Ventzke avait donc accusé sur 100 de betteraves $\frac{4,6 \times 17,8}{100}$ soit 0,8 de sucre dans la pulpe, celle d'Otto $\frac{5,3 \times 17,8}{100} = 0,9$.

Si, dans les diverses méthodes de polarisation de la pulpe épuisée que nous venons de passer en revue, on récapitule les erreurs qui peuvent provenir si facilement soit du mode même d'analyse choisi, du soin plus ou moins grand apporté dans les recherches, soit de la nature de la pulpe elle-même, et de l'impossibilité de l'épuiser complètement, il sera facile d'en conclure que ces données ne méritent qu'un confiance médiocre: il convient donc, bien que les analyses de pulpe soient de mode aujourd'hui, de n'accepter comme sérieux que les résultats fournis par des méthodes parfaitement connues, ou trouvés par des observateurs dont le nom inspire toute confiance.

Dans aucun cas, les quantités de sucre trouvées par l'analyse dans la pulpe ne doivent être prises comme indication de la quantité de jus réellement obtenue. Elles ne peuvent fournir qu'un moyen de comparer les résidus dans les diverses méthodes de traitement de la betterave, ou un contrôle auquel doit se joindre la détermination directe des quantités de jus produites.

Restreinte à ces limites, la polarisation des résidus peut avoir son utilité, mais il faut se garder de la prendre comme mesure absolue et pour tous les cas de la valeur d'un procédé de production du jus ou du travail d'une usine. Il est vrai que ce défaut de trop polariser et d'en tirer des déductions peu fondées ne se présente que dans certains ouvrages théoriques. Dans la pratique, on pourrait plutôt reprocher aux fabricants de faire trop rarement usage du polarimètre: souvent l'instrument n'est pour eux que de la théorie creuse, et ils s'en tiennent aux résultats palpables, au nombre de sacs de sucre

produits par exemple. Parcourez les fabriques et demandez si l'on est content des presses ou des turbines, quel est le rendement moyen; combien peu vous diront: nos résidus marquent tant ou tant au polarimètre, ce qui nous fait tel ou tel rendement en jus. Presque tous vous répondent: nos presses nous donnaient telle quantité de pulpe, nos turbines nous en donnent telle autre. Du reste, on ne saurait reprocher complètement aux fabricants de ne se fonder que sur des faits réels, car ils ont trop souvent vérifié l'inexactitude des chiffres polarimétriques qui servaient à la réclame pour prôner la supériorité de chaque nouvelle méthode de production du jus. Ainsi, c'est par exemple un fait bien connu que, pratiquement, l'emploi des presses et celui des turbines sont loin de présenter comme rendement les différences que l'on annonçait et que l'on fondait sur la polarisation des résidus dans les deux méthodes de travail. En fait, le rendement réel des turbines est beaucoup plus faible que ne le laisserait supposer l'analyse seule des résidus.

[Pour déterminer la proportion de sucre laissée dans les écumes, on peut recourir à l'épuisement par l'alcool tel que nous l'avons indiqué au commencement de ce chapître. Monsieur Scheibler a proposé, dans le même ordre d'idées, la méthode suivante qui donne également, des résultats d'une exactitude suffisante: le degré d'humidité étant obtenu par deux pesées avant, et après dessiccation, on met 50 grammes de la substance en suspension dans un poids connu d'eau, on sature par un courant d'acide carbonique prolongé jusqu'à refus, et on soumet la liqueur filtrée à l'analyse polarimétrique De même que les analyses de pulpe renseignent, utilement le fabricant sur la marche des presses, le dosage du sucre dans les écumes de défécation constitue un contrôle efficace de cette partie importante du travail en sucrerie].

Chapitre II.

Analyse qualitative et quantitative des jus.

Le jus de betterave est, comme nous l'avons vu, une dissolution aqueuse de sucre et de diverses matières solides. Lorsqu'il s'agit d'apprécier la valeur d'un jus, et c'est le sujet de ce chapitre, la première question dans la pratique est d'abord: combien pèse-t-il, quel degré marque-t-il, ou plus exactement, quel est son poids spécifique? Toutes ces questions se résument en une seule: on demande quelle est la proportion des matières solides qui se trouvent dans le jus. Plus le jus renferme de ces matières, plus il est lourd, plus son poids spécifique est grand. Aussi, la détermination quantitative de la teneur du jus se borne-t-elle le plus souvent à la recherche de sa densité.

La densité d'un jus, comme celle de tout autre liquide, peut se déterminer par deux méthodes:

1°, En pesant, directement deux volumes égaux de jus et d'eau et divisant le premier poids par le second; ce quotient, ou rapport, est la densité du jus cherchée. On peut d'ailleurs prendre pour cette opération un vase de volume quelconque. Si, par exemple, un vase contient exactement à 4° C. 32 gr. d'eau, et 33gr,28 de jus, le rapport des poids ou la densité du jus, (celle de l'eau étant prise pour unité), sera $\frac{33,28}{32} = 1,0401$. Si l'on emploie des vases tarés pour une contenance de 100 ou 50 grammes d'eau, comme c'est l'usage, il suffit de peser le même volume de jus. D'autre part, le poids de l'eau se trouvant dans ce cas de 100 gr. ou 50 gr., cette méthode permet d'éviter la division puisque, dans le premier cas, il suffit, pour avoir la densité du jus, de diviser par 100 le poids de ce jus, dans le second par 50. Ainsi, si un vase de 100 c. cubes contient 104,85 grammes de jus, la densité de ce jus sera 1,0485.

En général, on n'a recours à cette méthode de pesées que pour des déterminations très-exactes, où il importe d'avoir la

densité avec deux ou trois décimales. En fabrication on n'a pas besoin d'une approximation de cet ordre, et d'ailleurs le fabricant ne trouverait pas, pendant le travail, le temps d'effectuer les pesées assez délicates qu'exige chaque détermination de densité, toutes les fois qu'il veut essayer les jus pendant leur traitement. Aussi, dans la pratique, a-t-on recours au procédé aréométrique ci-après indiqué, plus simple, suffisamment exact et qui n'exige aucune pesée.

2°, On détermine la densité d'un jus en mesurant son volume, c'est-à-dire en prenant le rapport de son volume au volume d'un poids égal d'eau. Pour déterminer ce rapport, il suffit de faire flotter dans le jus un aréomètre gradué, instrument dont tout le monde, jusqu'au dernier ouvrier, connait l'usage dans une fabrique de sucre. Tous savent que, plus l'aréomètre enfonce dans le jus, plus celui-ci est léger, moins il renferme de matières en dissolution. Mais, si chacun sait "prendre le degré," peu de gens cependant connaissent le principe même de l'instrument et sont capables de comprendre le sens de ses indications. Aussi pourra-t-il n'être pas inutile d'entrer à cet égard dans quelques explications.

Il suffit, pour se rendre compte de la construction des aréomètres, de bien comprendre les deux lois physiques sur lesquelles elle repose:

1°, Tout corps flottant dans un liquide déplace un poids de ce liquide égal au sien.

2°, Sous le même poids absolu, les densités de deux liquides sont en raison inverse des volumes qu'ils occupent.

Si donc on plonge un même aréomètre successivement dans plusieurs liquides de densité différente, l'instrument déplacera de chacun d'eux un poids égal au sien; on peut de la sorte comparer le volume de ces liquides à poids égal, car ce volume, pour chacun des liquides, n'est autre que celui de la partie immergée de l'aréomètre. Plus la densité du liquide sera faible, et plus un poids de ce liquide égal au poids de l'aréomètre occupera un grand volume, plus l'aréomètre devra s'enfoncer pour rester en équilibre.

La fig. 91 représente un de ces aréomètres: il se compose d'un tube de verre étroit à la partie supérieure, renflé vers le bas, et terminé par une boule que l'on remplit de mercure pour forcer l'instrument à rester vertical.

Fig. 91.

Si l'appareil entier pèse 15 grammes, par exemple, il s'enfoncera dans chaque liquide jusqu'à un point tel que le volume du liquide déplacé pèse 15 grammes. Or, ces 15 grammes peuvent occuper, suivant la densité du liquide, des volumes très-inégaux. Ainsi, pendant que 15 grammes d'eau occupent 15^{cc} (densité de l'eau, 1), 15 grammes de jus de betteraves d'une densité de 1,055 n'occupent que $14^{cc},2$ $\left(\frac{15}{1,055}\right)$; par suite, l'aréomètre s'enfoncera dans ces deux liquides de volumes correspondants.

Sur le tube effilé qui surmonte l'appareil, on a tracé une échelle de divisions qui permet de connaître, pour chaque point d'affleurement, le volume de la partie immergée. La graduation peut se faire d'ailleurs de façons très-diverses, dont chacune donne naissance à un aréomètre différent. Les divisions peuvent notamment indiquer:

1°, les volumes des liquides (volumètre);

2°, leurs poids spécifiques (densimètre);

3°, la proportion que renferme le liquide, soit de matières solides (saccharimètre, pèse-sels), soit de matières liquides comme l'alcool (alcoolomètre);

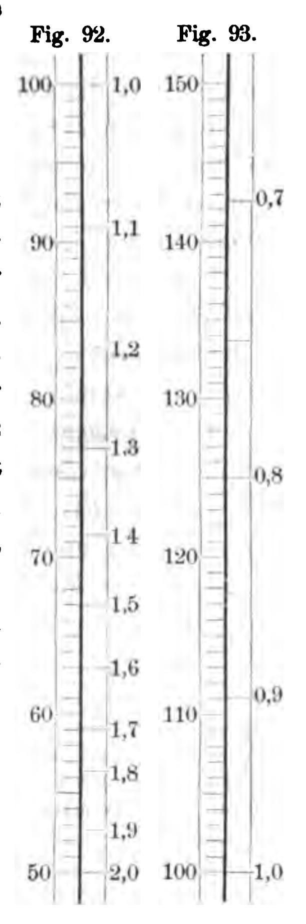
4°, les divisions peuvent être enfin tracées d'une façon complètement arbitraire entre deux limites extrêmes qu'on se donne à l'avance (aréomètre de Baumé). Dans ce cas, la lecture de l'instrument ne peut rien indiquer de positif sur le liquide essayé; elle permet seulement de comparer entre eux plusieurs liquides au point de vue de leur concentration et de leur densité.

Le volumètre est la forme primitive, élémentaire, de l'aréomètre, car il indique uniquement le volume d'un poids de

liquide égal au poids de l'aréomètre. Ce mode de graduation très-simple et qui se grave facilement dans la mémoire permet d'employer l'instrument pour l'essai de tous les liquides. Une fois le volume connu, il est facile d'avoir la densité d'un liquide quelconque, et il suffit ensuite d'un calcul rapide pour connaître la quantité de principes solides ou liquides que renferme le mélange essayé.

Le volumètre construit par Gay-Lussac est le plus rationnel et en même temps le plus simple. Le point d'affleurement de l'instrument dans l'eau est marqué 100. Au dessus et au dessous de ce point sont tracées les divisions, de telle façon que le volume de la tige de verre compris entre deux traits successifs est le 100e du volume immergé dans l'eau. Les divisions au-delà de 100 sont portées au-dessus de ce point sur l'échelle, les autres au-dessous. Comme l'instrument est d'autant plus exact que l'intervalle de deux divisions successives est plus grand et que par suite la tige est plus longue et plus effilée, on s'est trouvé amené, pour éviter des tiges trop déliées, à partager l'échelle totale sur deux instruments; l'un sert pour les liquides plus denses que l'eau et le point 100 est à la partie supérieure (figure 92); l'autre, pour les liquides de densité plus faible, a la division 100 en bas de l'échelle (fig. 93).

Fig. 92. Fig. 93.



Pour avoir le poids spécifique d'un liquide, il suffit de diviser le volume déplacé dans l'eau, 100, par le chiffre d'affleurement dans le liquide essayé. Ainsi, si l'instrument affleure à 90 (fig. 92 division de gauche), les densités du liquide étant en raison inverse des volumes, celle que l'on cherche sera $\frac{100}{90} = 1,11$.

De même, pour les liquides plus légers que l'eau, si par exemple le volumètre marque 120, la densité sera $\frac{100}{120}$ = 0,833. On voit que le calcul revient toujours à prendre comme dividende le volume de l'eau, comme diviseur celui du liquide.

Dans les figures 92 et 93, l'échelle de gauche indique par centièmes du volume de l'eau les volumes successifs. Les divisions portées à droite indiquent par 10es de la densité de l'eau, la densité des divers liquides. Cette double échelle fait voir clairement le rapport qui existe entre les volumes et les densités. On doit remarquer que des différences constantes dans les volumes correspondent à des différences inégales dans les densités: les divisions qui indiquent ces dernières sont d'autant plus rapprochées que la densité est plus grande. Cette inégalité dans l'espacement des divisions, dont il est facile de comprendre la raison,[1] rend la graduation de l'instrument plus difficile et les lectures moins précises avec l'échelle des densités. Aussi, doit-on préférer en général les volumètres gradués par divisions équidistantes. L'échelle s'y trouve plus exacte et il est beaucoup plus facile d'évaluer à l'œil les fractions de degré. Le volumètre est pour les observations rigoureuses un instrument précieux, mais dans la fabrication du sucre, on ne l'emploie que très-rarement. Toutefois, comme il peut servir dans certains cas, nous pensons qu'il n'est pas sans intérêt de reproduire ici une table indiquant la corrélation qui existe entre les densités et les indications du volumètre.

---

1) Il suffit pour cela de se rappeler que la densité se détermine en divisant le poids par le volume; réciproquement, pour avoir de volume correspondant à une densité donnée, il faut diviser le poids par le densité. De là suit que, la densité 1,0 correspondant au volume 100, la densité 1,1 correspondra au volume 90,9; 1,2 à 84,4; 2,0 à 50,0; 2,1 à 47,6. Ces chiffres suffisent pour démontrer que l'écartement des divisions correspondant aux densités doit être très-variable.

Densité.	Degré correspondant au volumètre.	Densité.	Degré correspondant au volumètre.
2,0	50,00	1,1	90,90
1,9	52,63	1,0	100,00
1,8	55,55	0,95	105,26
1,7	58,82	0,90	111,11
1,6	62,50	0,85	117,64
1,5	66,66	0,80	125,00
1,4	71,43	0,75	133,33
1,3	76,92	0,70	142,85
1,2	83,33		

On fait souvent usage, dans la pratique, du densimètre, qui se construit comme le volumètre, mais qui ne porte comme graduation que les chiffres de densité, c'est-à-dire les divisions de droite dans les figures données plus haut. Cet instrument ne sert pas pour les essais courants de jus, mais surtout pour les expériences d'analyses, où l'on a besoin de données exactes sur la densité. Pour beaucoup de dissolutions salines ou acides, on a déterminé expérimentalement la quantité de matières en dissolution dans l'eau correspondant à chaque degré du densimètre. Le même travail a été fait pour les dissolutions sucrées en mesurant, par un grand nombre d'essais, la proportion entre le sucre et l'eau pour chaque densité. En réunissant ces expériences, on a formé des tables que nous reproduisons ci-après:

Taux % de sucre (Degrés Ballg.) dans une dissolution sucrée pure.	Densité de la dissolution d'après		Taux % de sucre (Degrés Ballg.) dans une dissolution sucrée pure.	Densité de la dissolution d'après	
	Balling.	Niemann.		Balling.	Niemann.
1	1,0040	1,0035	6	1,0240	1,0215
2	1,0080	1,0070	7	1,0281	1,0254
3	1,0120	1,0106	8	1,0322	1,0291
4	1,0160	1,0143	9	1,0363	1,0328
5	1,0200	1,0179	10	1,0404	1,0367

Taux % de sucre (Degrés Ballg.) dans une dissolution sucrée pure.	Densité de la dissolution d'après		Taux % de sucre (Degrés Ballg.) dans une dissolution sucrée pure.	Densité de la dissolution d'après	
	Balling.	Niemann.		Balling.	Niemann.
11	1,0446	1,0410	43	1,1951	1,1935
12	1,0488	1,0462	44	1,2004	1,1989
13	1,0530	1,0504	45	1,2057	1,2043
14	1,0572	1.0552	46	1,2111	1,2098
15	1,0614	1,0600	47	1,2165	1,2153
16	1,0657	1,0647	48	1,2219	1,2209
17	1,0700	1,0693	49	1,2274	1,2265
18	1,0741	1,0738	50	1,2329	1,2322
19	1,0788	1,0784	51	1,2385	1,2378
20	1,0832	1,0830	52	1,2441	1,2434
21	1,0877	1,0870	53	1,2479	1,2490
22	1,0922	1,0920	54	1,2553	1,2546
23	1,0967	1,0965	55	1,2610	1,2602
24	1,1013	1,1010	56	1,2667	1,2658
25	1,1059	1,1056	57	1,2725	1,2714
26	1,1106	1,1103	58	1,2783	1,2770
27	1,1153	1,1150	59	1,2841	1,2826
28	1,1200	1,1197	60	1,2900	1,2882
29	1,1247	1,1245	61	1,2959	1,2938
30	1,1295	1,1293	62	1,3019	1,2994
31	1,1343	1,1340	63	1,3079	1,3050
32	1,1391	1,1388	64	1,3139	1,3105
33	1,1440	1,1436	65	1,3190	1,3160
34	1,1490	1,1484	66	1,3260	1,3215
35	1,1540	1,1533	67	1,3321	1,3270
36	1,1590	1,1582	68	1,3383	1,3324
37	1,1641	1,1631	69	1,3445	1,3377
38	1,1692	1,1684	70	1,3507	1,3430
39	1,1743	1,1731	71	1,3570	1,3483
40	1,1794	1,1781	72	1,3633	1,3535
41	1,1846	1,1832	73	1,3696	1,3587
42	1,1898	1,1883	74	1,3760	1,3658

Si l'on prend un densimètre, et qu'on le gradue d'après la table précédente, de telle sorte que les divisions correspondent, non plus aux densités, mais aux taux % de sucre, l'instrument fournira par une simple lecture la proportion de sucre qui se trouve dans le liquide soumis à l'essai.

Le saccharimètre de Balling n'est pas autre chose; c'est un aréomètre qui indique directement combien 100 parties d'une dissolution de sucre pur contiennent de parties de sucre: l'intervalle entre deux divisions porte le nom de degré Balling ou centésimal. Ainsi, le saccharimètre marquera:

			sucre pur	eau
5%	ou 5°	Balling dans une dissolution contenant	5%	95%
10%	ou 10°	- - - - -	10%	90%
20%	ou 20°	- - - - -	20%	80%

Pour rendre l'instrument plus commode dans la pratique et ne pas l'allonger inutilement, on a divisé l'échelle sur deux aréomètres; l'un marque jusqu'à 25 % et sert pour le jus de betterave naturel ou pour les dissolutions de sucre étendues, l'autre est réservé pour les sirops ou les jus concentrés.

Récemment, Brix a révisé, par de nouvelles expériences, l'échelle du saccharimètre de Balling et a légèrement modifié sa division. En outre, il a établi plus exactement qu'on ne l'avait fait jusque là la comparaison des degrés Balling aux degrés Baumé. Aussi, désigne-t-on souvent le saccharimètre de Balling sous le nom d'aréomètre de Brix et c'est une dénomination qui tend à devenir générale en Allemagne depuis que l'association de l'industrie sucrière dans le Zollverein a fait adopter par tous ses membres l'emploi exclusif de l'appareil de Brix. Lenoir à Paris construit les aréomètres de Brix avec toute la perfection désirable.

Les degrés de Brix et de Balling ne présentent entre eux, comme nous l'avons dit, que des différences insignifiantes.[1] Aussi, dans tout cet ouvrage, nous suivrons l'usage général qui les emploie indifféremment.

On ne peut nier que l'emploi des saccharimètre de Balling ou de Brix ne soit répandu dans les usines et qu'on lui doive nombre d'améliorations rationnelles. Il n'y a pas, en Allemagne du moins, une seule fabrique qui ne possède ces instru-

---

1) Comparer la table de reduction des degrés Balling en degrés Baumé et en densité, avec la table correspondante pour les degrés Brix à la fin de l'ouvrage.

ments de Balling ont donc beaucoup de chemin à faire avant de supplanter l'aréomètre de Baumé, dont la graduation empirique sert encore de base à presque tous les praticiens, lorsqu'il s'agit de déterminer la valeur ou la composition des jus.

Baumé avait construit deux aréomètres; l'un, pour les liquides plus légers que l'eau, l'autre, pour les liquides plus denses. Ce dernier est le plus employé dans les fabriques de sucre. A la partie supérieure de l'échelle, on marque 0° au point d'affleurement dans l'eau, puis on plonge l'instrument dans une dissolution de 15 parties de sel marin dans 85 parties d'eau. Le point ainsi déterminé est marqué 15° et l'on partage l'intervalle en 15 divisions égales ou degrés. On prolonge ensuite la même graduation au-delà de 15° en descendant. [Baumé n'avait pas déterminé rigoureusement la densité de la dissolution de sel marin qui servait à établir l'un des points de repère; or, il s'en faut de beaucoup que toutes les dissolutions de 15 parties de sel marin dans 85 parties d'eau aient une densité constante. Il en résultait[1] que les degrés ne correspondaient à rien de positif, ne permettaient pas de connaître directement la densité des liquides, et que les indications fournies par les différents instruments n'étaient pas comparables: les différences provenant de ce chef s'élevaient, quelquefois à plusieurs degrés pour des aréomètres gradués par le même constructeur. Pour un instrument dont les indications servaient de base à de nombreuses transactions commerciales, ces inconvénients n'étaient pas sans importance: Gay-Lussac comprit la nécessité d'y porter remède, et fit adopter par Collardeau un principe de graduation qui repose sur des données parfaitement fixes et d'une rigueur toute scientifique. Rejetant la méthode indiquée par Baumé pour la détermination des points fixes, Gay-Lussac est parti de ce fait que l'acide sulfurique monohydraté, de densité 1,8427 à 15° centigrades, dont 100 grammes occupent par conséquent un volume de 54$^{cc.}$,268, doit

1) Journal des fabricants de sucre 1873. — Communication de M. Collardeau-Vacher.

marquer 66° à l'aréomètre; il prit pour second point fixe l'affleurement, dans l'eau distillée à la température de 15°, et admit comme valeur du degré aréométrique la 66e partie de l'espace ainsi limité sur la tige. On voit dès lors qu'il existe entre la densité d'un liquide et son degré aréométrique ainsi défini une relation étroite, rigoureuse, et constante que l'on peut exprimer mathématiquement sous la forme suivante: $D = \frac{144,3}{144,3 - N}$. Cette formule permet de passer aisément du degré aréométrique N à la densité D, ou, inversement, de déduire de la densité d'un liquide le degré aréométrique qu'il doit marquer; il en résulte que la vérification d'un aréomètre est aujourd'hui à la portée de tout le monde, et qu'il suffit de préparer une liqueur de densité déterminée pour pouvoir contrôler tel degré de l'échelle que l'on juge convenable.] C'est l'aréomètre Baumé ainsi modifié qui est aujourd'hui employé en France à l'exclusion de tout autre; pour le cas spécial qui nous occupe, on peut lui reprocher de ne pas faire connaître directement la proportion des matières en dissolution dans les liqueurs essayées: toutefois, le plus souvent, ce n'est pas ce renseignement que l'on cherche; en sucrerie, ou emploie ordinairement l'aréomètre pour déterminer si un jus a atteint par l'évaporation le degré de concentration voulu, ou, inversement, s'il a été suffisamment étendu d'eau. C'est ainsi que l'ouvrier chargé des appareils à cuire l'emploie comme moyen de contrôle pour saisir le moment où il doit cesser l'évaporation et faire couler le sirop. De même, l'ouvrier chargé des filtres, sait par son aréomètre l'instant précis où il doit commencer à recevoir dans la rigole des jus les liquides filtrés lorsqu'il déplace les sirops par le jus avant évaporation. Il peut également juger le moment où les eaux de dégraissage marquant 0° doivent être enlevées. Dans toutes ces circonstances, l'aréomètre de Baumé est parfaitement suffisant. Il coûte moins cher que l'instrument de Balling, sa graduation n'exigeant pas les mêmes soins; on se borne d'ailleurs le plus souvent à le lester avec du plomb, tandis que le saccharimètre Balling est toujours lesté avec du mercure.

La table suivante indique la correspondance des densités à + 15° centigrades avec les degrés de l'aréomètre Baumé. Les chiffres ont été calculés, d'après la formule donnée plus haut, de 5 en 5 degrés par Gay-Lussac, et complétés, pour les degrés intermédiaires par M. Collardeau-Vacher.

Degrés Baumé.	Densités correspondantes.	Degrés Baumé.	Densités correspondantes.	Degrés Baumé.	Densités correspondantes.
0	1,0000	23	1,1896	45	1,4531
1	1,0069	24	1,1994	46	1,4678
2	1,0140	25	1,2095	47	1,4828
3	1,0212	26	1,2198	48	1,4984
4	1,0285	27	1,2301	49	1,5141
5	1,0358	28	1,2407	50	1,5301
6	1,0434	29	1,2515	51	1,5466
7	1,0500	30	1,2624	52	1,5633
8	1,0587	31	1,2736	53	1,5804
9	1,0665	32	1,2849	54	1,5978
10	1,0744	33	1,2965	55	1,6158
11	1,0825	34	1,3082	56	1,6342
12	1,0907	35	1,3202	57	1,6529
13	1,0990	36	1,3324	58	1,6720
14	1,1074	37	1,3447	59	1,6916
15	1,1169	38	1,3574	60	1,7116
16	1,1247	39	1,3703	61	1,7322
17	1,1335	40	1,3834	62	1,7532
18	1,1425	41	1,3968	63	1,7748
19	1,1516	42	1,4105	64	1,7969
20	1,1608	43	1,4244	65	1,8195
21	1,1702	44	1,4386	66	1,8427
22	1,1798				

[L'aréomètre étant gradué pour une température de 15° centigrades, il est nécessaire, quand on opère à des températures différentes, de faire subir à la lecture une correction, variable suivant la nature du liquide à essayer, mais qu'il est facile de déterminer une fois pour toutes, dans les limites du nécessaire. Cette correction se fait par addition ou par soustraction selon que la température est supérieure ou inférieure

à 15°. Le tableau suivant indique les variations du degré aréométrique d'une mélasse commerciale entre 0° et 30°: la correction est de très-peu supérieure à ½ dixième de degré aréométrique par degré de température.

Température.	Degré aréométrique.
0°	42°,92
3°,1	42°,80
10°	42°,30
15°	42°,11
20°	41°,95
25°	41°,73
30°	41°,53

Pour les jus sucrés la variation est naturellement plus marquée; toutefois, le chiffre de correction adoptée par le service de la régie, en France, et qui est de 3 dixièmes de degré aréométrique par degré de température, nous semble un peu trop élevé].

L'aréomètre de Baumé avait reçu, avant Gay-Lussac, une modification sans importance et sans utilité: Cartier avait augmenté chaque degré Baumé de $^1/_{15}$°, c'est-à-dire que 16° Baumé valent 15° Cartier. Ce changement ne mériterait même pas d'être mentionné ici si, malheureusement, l'usage de l'aréomètre Cartier n'avait pris un très-grand développement dans certaines contrées où l'on ne ne compte, surtout pour les alcools, qu'en degrés Cartier.

Dans la pratique, on est souvent forcé de calculer la quantité de sucre que contiennent des dissolutions pures, des clairces par exemple, lorsque l'on connait leur degré aréométrique. La table suivante construite sur des données expérimentales rend inutile le calcul de cette transformation, et peut par conséquent présenter un certain intérêt:

Comparaison entre les degrés Baumé et les taux % de sucre (ou degrés Balling), pour des dissolutions sucrées pures.

Degrés Baumé.	Taux % de sucre Balling.	Degrés Baumé.	Taux % de sucre Balling.	Degrés Baumé.	Taux % de sucre Balling.	Degrés Baumé.	Taux % de sucre Balling.
1	1,72	11	19,88	21	38,29	31	57,31
2	3,50	12	21,71	22	40,17	32	59,27
3	5,30	13	23,54	23	42,03	33	61,32
4	7,09	14	25,34	24	43,92	34	63,81
5	8,90	15	27,25	25	45,79	35	65,19
6	10,71	16	29,06	26	47,70	36	67,19
7	12,52	17	30,89	27	49,60	37	69,19
8	14,38	18	32,75	28	51,50	38	71,22
9	16,20	19	34,60	29	53,42	39	73,28
10	18,03	20	36,40	30	55,36	40	75,35

D'après ce que nous avons dit plus haut, le saccharimètre de Balling indique le taux % de sucre que renferme une dissolution où il n'existe que du sucre pur. Mais la plupart des liqueurs sucrées qu'on doit essayer, comme le jus à ses divers états de préparation, ne sont jamais des dissolutions pures; elles contiennent, outre le sucre, un grand nombre de matières étrangères, dont le poids spécifique peut être plus fort ou plus faible que celui du sucre.

Or, ces éléments de densité diverse donnent également des dissolutions dont les densités, toutes choses égales d'ailleurs, varient suivant la proportion relative de leurs principes constituants, et l'on doit en tenir compte pour l'usage du saccharimètre. Plus le corps en dissolution est dense, plus la liqueur marquera un degré aréométrique élevé. Ainsi, le citrate de potasse, par exemple, a une densité plus grande que le sucre. Par suite, une dissolution d'une partie de citrate de potasse dans 99 d'eau sera plus dense qu'une dissolution d'une partie de sucre et 99 d'eau; le saccharimètre marquera 1° dans cette dernière, mais il s'enfoncera moins dans la première, ou, en d'autres termes, marquera plus de 1° Balling. Inversement,

si une dissolution de citrate de potasse marque 1° Balling, il en faut conclure qu'elle renferme, non pas 1% de ce sel, mais moins de 1 %.

Lors donc qu'on essaie un jus de betteraves au saccharimètre, il serait inexact d'affirmer que le jus renferme, sur 100 parties, une proportion de matières dissoutes égale au degré marqué par l'instrument. La quantité réelle est toujours plus faible que le degré saccharimétrique, et la différence croît à mesure que les jus renferment plus de sels, c'est-à-dire plus de matières de densité supérieure à celle du sucre. Ainsi, un jus que marquait 16°,2 Balling n'a donné par l'évaporation à sec que 15,64 % de résidu solide. Comme ce jus accusait au polarimètre 13,5 % de sucre, il en résulte qu'il renfermait (15,64 — 13,5) = 2,14 % de matières étrangères. Si l'on avait pris le chiffre de 16°,2 Balling pour représenter la proportion de matières solides qu'il renfermait, on en aurait déduit un chiffre erroné pour les substances étrangères (16,2 — 13,5) ou 2,7 %, et l'erreur aurait été de 2,7 — 2,14 ou environ ½ % en trop. Un autre jus avait donné 14°,3 Balling et 13,92 de matières solides par l'évaporation; il polarisait 12,3%. Il en résulte qu'il renfermait 13,92 — 12,3 = 1,62 % de substances étrangères au lieu de 2 % que l'on aurait trouvé en partant simplement de l'indication aréométrique.

Indépendamment de cette différence entre les degrés Balling et la proportion réelle de matières solides, le saccharimètre a l'inconvénient de ne donner pour les jus de betteraves aucune indication certaine sur leur richesse en sucre, comme il le ferait pour une dissolution de sucre pur. Cet instrument est donc, employé seul, complètement insuffisant. A quoi bon connaître à peu-près le taux % des matières que renferme le jus, quand on ne sait rien sur la proportion de sucre dans ces matières? Des jus marquant le même degré au saccharimètre ne peuvent-ils renfermer des quantités de substances étrangères variant du simple ou double? Ainsi, pour citer quelques exemples, ce serait s'exposer à d'étranges mécomptes que d'évaluer la richesse saccharine d'après la densité pour

des jus déféqués, contenant par suite un excès de chaux, excès très-variable d'ailleurs pour la même richesse en sucre, suivant la nature de la chaux et la quantité employée, suivant la composition des matières étrangères, minérales ou organiques, qui entrent dans le jus, suivant enfin le mode de défécation. Il suffit au reste de quelques essais au saccharimètre suivis de polarisation, pour s'assurer que les jus peuvent absorber des quantités de chaux très-variables. — De même, on ne pourrait apprécier les jus filtrés d'après leur degré aréométrique, car leur teneur en chaux peut être très-différente, suivant la qualité du noir, suivant la durée et le mode de filtration. En résumé, si l'on ne veut avoir qu'une indication approchée de la quantité de matières que renferme le jus, sans s'occuper de la nature de ces matières, de la richesse saccharine, l'emploi des appareils de Balling peut suffire. Mais, si l'on veut se rendre compte de la valeur réelle d'un jus, à côté de cette première évaluation totale des éléments, il faut de toute nécessité procéder à un dosage du sucre. Ces deux chiffres combinés donneront la composition exacte du jus, mais un seul d'entre eux ne saurait suffire, car la valeur d'un jus ne dépend pas exclusivement de sa richesse; elle dépend du rapport entre la quantité de sucre et la quantité de matières étrangères.

Nous sommes donc amenés à faire suivre la détermination de la densité dans un jus par la recherche de sa richesse saccharine.

Nul ne saurait contester aujourd'hui que la connaissance exacte de la richesse saccharine, qu'il s'agisse de jus, de sirops ou de sucres, constitue la base rationnelle de toute la fabrication. La saccharimétrie, qui comprend précisément ces analyses, constitue, grâce aux longs efforts de la physique et de la chimie, une science complète qui ne se renferme pas dans l'ordre élevé des abstractions, mais qui, depuis longtemps, a passé dans la pratique et y rend des services incontestés. Aujourd'hui, la plupart des fabricants ont cessé de vendre leurs produits d'après la nuance seule, caractère souvent trompeur,

d'après l'aspect du grain; les transactions se font et plus justes et plus avantageuses en se fondant sur la quantité de sucre cristallisable contenue dans l'échantillon. De son côté, le raffineur, connaissant la quantité de sucre qu'il pourra retirer d'un échantillon, est mieux en mesure de préciser ses offres. Que de fois il lui arriverait de payer, sans s'en apercevoir, comme sucre cristallisable du sucre de raisin, de l'eau ou des sels, s'il ne se guidait que sur la nuance ou sur le grain. Les avantages de l'analyse sont du même ordre pour le fabricant d'alcool qui peut payer ses mélasses d'après leur richesse en sucre, tandis qu'avant il n'avait pour se guider que la densité, souvent due en partie à des sels sans valeur pour la distillerie. Enfin, c'est seulement par l'analyse saccharimétrique de la betterave que l'on peut résoudre les questions si complexes du choix du sol, des méthodes de culture, des engrais les plus avantageux, etc.

La proportion de sucre dans ces diverses matières peut se déterminer par des méthodes très-différentes. La plus simple, la plus exacte, et en même temps la plus rapide est la méthode par polarisation. C'est par elle que nous commencerons notre étude; d'ailleurs l'emploi du polarimètre est devenu depuis quelques années un procédé universellement connu et appliqué, et il a relégué au second plan, en leur enlevant une partie de leur intérêt, les autres méthodes d'analyse, comme la fermentation, l'extraction par l'alcool ou la chaux, etc.

Chapitre III.

Essais polarimétriques.

La méthode polarimétrique, dans sa perfection actuelle, est due en partie au hasard, en partie aux travaux remarquables de la science en optique. En 1811, Malus découvrit qu'un rayon lumineux, quand il a été réfléchi sous un angle déterminé (exactement 35° 25′) possède des propriétés particulières: il diffère des rayons ordinaires en ce que, réfléchi à son

tour sur une surface polie, il s'éteint sous une certaine incidence et passe, suivant des lois déterminées, par toutes les phases successives depuis l'obscurité complète jusqu'à l'intensité du rayon primitif lorsqu'on fait varier l'inclinaison du miroir. [De même, si un rayon lumineux tombe sur un corps biréfringent (la tourmaline, le gypse, le spath d'islande) il éprouve le phénomène de la double réfraction, c'est à dire qu'il se dédouble en deux faisceaux qui se réfractent inégalement,[1] le faisceau ordinaire et le faisceau extraordinaire, tous deux d'égale intensité; mais lalumière des rayons produits par ce dédoublement n'est plus constituée comme la lumière naturelle, car si on les reçoit sur un autre cristal de même nature que le premier, ils se dédoublent encore chacun de leur côté, mais en rayons dont l'intensité varie avec l'angle que font entre elles les sections principales[2] des deux cristaux: si la section principale du second cristal est confondue avec celle du premier, l'image extraordinaire est nulle, et elle croit jusqu'au maximum quand l'angle des deux sections principales augmente jusqu'à 90° tandisque l'image ordinaire présente les mêmes variations en sens inverse. De tels rayons sont dits polarisés; ils n'ont pas les mêmes propriétés dans tous les azimuts que l'on mêne suivant leur direction. La théorie des ondulations rend compte de ces phénomènes en admettant que les vibrations lumineuses se sont dédoublées, et que chaque rayon réfracté n'est plus animé que de vibrations transversales qui s'effectuent dans des plans perpendiculaires l'un à l'autre; comme les rayons polarisés présentent des propriétés symétriques par rapport à deux plans menés suivant la ligne de propagation, le mouvement vibratoire doit nécessairement être dirigé suivant l'un de ces plans: on

1) Dans certains cristaux, l'indice de réfraction ordinaire est plus grand que l'indice de réfraction extraordinaire, ce sont les cristaux répulsifs, le rayon ordinaire est alors le plus dévié; pour d'autres, c'est le contraire qui a lieu, ce sont les cristaux attractifs.

2) Dans tout cristal, on appelle section principale, toute section passant par l'axe optique et perpendiculaire à l'une des faces naturelles. L'axe optique est la direction suivant laquelle un rayon incident est transmis intégralement sans éprouver de réfraction.

démontre qu'il s'effectue perpendiculairement au plan de polarisation. On désigne ainsi le plan déterminé par le rayon incident et par le rayon réfléchi d'intensité maxima. Le rayon ordinaire est polarisé dans le plan de la section principale du premier cristal, le rayon extraordinaire est polarisé dans un plan perpendiculaire à cette section principale. Tous les cristaux qui comme le spath d'islande n'ont qu'un axe de symétrie donnent naissance au même phénomène, et fournissent deux rayons polarisés; pour ceux qui, comme la tourmaline, sont colorés et absorbent une portion de la lumière, le rayon extraordinaire est seul transmis, un peu affaibli, tandis que le rayon ordinaire est sensiblement annulé pour une épaisseur de $1^{m}/_{m}$. L'effet de la tourmaline peut être produit artificiellement d'une manière plus complète au moyen du prisme de Nicol qui s'obtient en divisant un rhomboèdre de spath en deux sections très-obliques, et en polissant les deux faces que l'on recolle ensuite avec du baume du Canada: dans ces conditions, le rayon ordinaire éprouve la réflexion totale, il est rejeté en dehors du champ de vision, et le rayon extraordinaire est seul transmis. On peut, suivant le conseil de Foucault, supprimer le baume du Canada, et laisser une couche d'air entre les deux prismes juxtaposés: les deux rayons atteignent alors leur reflexion totale sous des angles très-différents, et il suffit de donner à l'angle du sommet une valeur de 35° pour que la lumière polarisée ne soit transmise que dans une seule direction. Ainsi construit, le prisme est moins long et par suite d'un prix moins élevé. Le prisme de Nicol appliqué à la lumière naturelle sert de polariseur; appliqué à la lumière déjà polarisée, il sert d'analyseur, c'est à dire qu'il met en évidence la direction du plan de polarisation.

En étudiant ces phénomènes, Arago reconnut qu'un rayon polarisé qui a traversé, suivant son axe une plaque mince de cristal de roche, donne deux images non plus blanches, mais colorées de teintes complémentaires très-vives; de plus, si l'on fait tourner le quartz autour de sa normale, la lumière ne varie pas, mais, si l'on déplace la section principale de l'analyseur,

les couleurs changent, et cela dans l'ordre de succession des couleurs du spectre, rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet. Arago admit que les rayons simples dont la réunion constitue la lumière blanche incidente restent polarisés, mais que leur plan de polarisation éprouve une rotation qui est différente pour chaque couleur: ces phénomènes constituent la polarisation rotatoire ou circulaire, ils ont été particulièrement étudiés, dès 1813, par Biot qui en fit connaître les lois; il détermina l'angle de rotation pour les différents rayons colorés, et démontra qu'il augmente avec la réfrangibilité et qu'il est sensiblement en raison inverse du carré de la lougueur d'onde. Cette déviation peut se calculer d'après l'épaisseur de la lame de cristal qu'a traversée le rayon polarisé.

Ainsi, pour une plaque de 1^{mm} d'épaisseur, le plan de polarisation de la lumière rouge fait avec celui de la lumière blanche un angle de 19°, celui de la lumière verte est à 28°, de la lumière violette à 41°, etc. Une plaque de 2^{mm} donnerait pour les plans de polarisation des angles doubles, c'est-à-dire 38°, 56°, 82°.

Il est facile de comprendre du reste que l'angle de déviation doit être variable suivant la coloration du rayon; minimum pour le rouge, il va croissant successivement de l'orangé au violet. Cette différence dans les déviations des rayons colorés est due, comme on le démontre en optique, à la différence très-grande de vitesse des rayons de diverses couleurs. On sait en effet que, dans la théorie des ondulations, les phénomènes de la lumière se rapprochent de ceux du son, qu'ils sont dus à l'ébranlement et à la propagation des ondes dans l'éther impondérable qui pénêtre tous les corps. Or, les ondes rouges sont les plus longues et les plus lentes, les violettes au contraire sont les plus courtes et les plus rapides.

Si donc on fait passer de la lumière blanche composée de toutes les autres, dans un corps capable de dévier le plan de polarisation, chacun des rayons colorés étant animé d'une vitesse différente, la lumière se décomposera pendant son trajet et on aura, à la sortie, des rayons colorés séparés, dont l'intervalle

angulaire sera proportionnel à la longueur du corps traversé. Ainsi, comme nous l'avons dit plus haut, le rapport des déviations angulaires est de $\frac{19^0}{41^0}$ quand on compare le rayon simple rouge avec le rayon violet.

Biot fut le premier qui reconnut qu'un grand nombre de corps possèdaient, comme le cristal de roche, la faculté d'opérer la polarisation circulaire; il constata de plus que les uns dévient à gauche le plan de polarisation, ce sont les corps lévogyres, tandis que d'autres sont dextrogyres, et opèrent la déviation à droite. [Depuis, ces recherches ont été étendues et complétées: après avoir insisté sur les propriétés rotatoires du quartz qu'il nous était nécessaire de préciser, nous nous attacherons maintenant à faire connaître plus particulièrement les données concernant les composés organiques optiquement actifs dont l'étude se rattache d'une manière directe à notre sujet.

D'après Mulder,[1] on peut diviser les corps organiques qui présentent la polarisation circulaire en trois clases nettement définies:

I. Corps dans lesquels cette propriété dépend de l'arrangement des molécules; ils ne possèdent le pouvoir rotatoire qu'à l'état cristallisé, et le perdent quand on change le groupement moléculaire: cette classe ne comprend, à côté de corps minéraux très-nombreux, que deux corps organiques, l'acétate d'urane et l'acétate de soude.

II. Corps dans lesquels les propriétés polarisantes appartiennent à chaque molécule individuellement; ils font dévier la lumière polarisée à l'état fondu, ou en dissolution. Cette classe comprend exclusivement des combinaisons carburées qui peuvent d'ailleurs différer beaucoup entre elles: 1. les hydrates de carbone tels que le glucose, le sucre de canne, la dextrine, etc.; 2. les glucosides, comme la salicine, la populine, l'amygdaline, etc.; 3. les hydrocarbures et les substances analogues, les essences de thérébenthine et de citron, le camphre etc.; 4. les

1) Riedel. Mai 1872.

acides, comme les acides malique et tartrique, etc.; 5. les alcools, (alcool amylique); 6. les alcaloïdes, (quinine, cinchonine, strychnine); 7. les principes tanniques, la cholestérine, l'acide cholique, etc.; 8. les corps albuminoïdes.

III. Corps qui réunissent les propriétés des deux classes précédentes, comme le sulfate de strychnine qui, d'après M. Descloizeaux, présente à l'état cristallisé un pouvoir rotatoire 25 fois plus considérable que quand il est en dissolution.

Les lois de la polarisation dans les corps solides que Biot a déduites de l'étude du quartz sont applicables sous une forme peu différente aux substances du second groupe; on peut formuler ces lois de la façon suivante:

1. La rotation du plan de polarisation déterminée par un liquide est proportionnelle à la longueur du trajet des rayons lumineux dans ce liquide.

2. Si l'on mélange des corps polarisants avec des substances inactives qui n'exercent sur ces corps aucune action chimique, la rotation est proportionnelle à la quantité du corps polarisant.

3. Si l'on interpose sur le trajet du rayon polarisé des tranches de liquides différents, la rotation totale est égale à la somme algébrique de toutes les rotations partielles opérées par chaque tranche individuellement.

Citons encore deux lois récemment formulées par M. Krecke:

4. Quand un corps optiquement actif entre en combinaison avec un corps optiquement inactif, ou quand il est modifié par des réactifs chimiques, le pouvoir moléculaire de rotation reste constant, ou, s'il est modifié, il l'est de telle sorte que le pouvoir moléculaire de rotation du nouveau corps est un multiple simple du premier.

5. Les corps isomères possèdent des pouvoirs rotatoires moléculaires qui sont des multiples simples d'un même nombre.

A l'exception de l'acide tartrique, tous les corps que nous avons rangés dans la seconde classe obéissent à ces lois. Ainsi, les dissolutions de sucre cristallisable dévient à droite le plan

de polarisation, les dissolutions de sucre de fruit le dévient à gauche, et l'angle de rotation ou l'arc qui le mesure est toujours proportionnel 1. à la quantité de sucre contenue dans le liquide, 2. à l'épaisseur ou à la hauteur de la couche de liquide soumise à l'expérience.

D'après ces lois, étant donné, r, le pouvoir rotatoire moléculaire d'une substance active, D, la densité de sa dissolution dans un liquide inactif, quand on aura mesuré la rotation R du plan de polarisation pour une longueur l déterminée, on pourra, par la formule $R = r \,.\, D \,.\, l \,.\, \varphi$, calculer φ, c'est à dire la proportion de cette substance contenue dans l'unité de poids de la dissolution.]

Ces principes fondamentaux devaient constituer la base d'une méthode parfaitement exacte et rapide d'analyse des principes sucrés. Il suffit en effet d'observer des colonnes de liquide d'une hauteur constante, c'est-à-dire d'employer pour les essais un tube de dimensions fixes, pour déduire de la déviation opérée par chaque liqueur la proportion de sucre qu'elle renferme. C'est sur ce principe que sont fondés les polarimètres ou saccharimètres optiques: un rayon lumineux polarisé traverse des couches de liquide d'une épaisseur constante, et l'on observe la déviation due à l'action du sucre, soit directement sur un cercle divisé, soit indirectement à l'aide d'échelles convenablement graduées. L'exactitude de l'analyse dépend d'ailleurs de l'approximation avec laquelle on peut mesurer l'angle de déviation sur l'instrument que l'on emploie, et il en résulte que sa construction plus au moins parfaite peut influer sur les chiffres que l'on observe.

Dans les premiers instruments de Biot comme dans la plupart des polarimètres anciens, ceux de Norremberg par exemple, on polarisait le rayon par la simple réflexion sur un miroir. Dans tous les appareils nouveaux, on obtient la polarisation d'une manière plus complète et plus simple par le prisme de Nicol. Un premier prisme de Nicol est disposé dans l'appareil en avant de la dissolution sucrée: c'est le polariseur;

il sert à polariser la lumière entrant dans le tube. Un autre prisme, l'analyseur, se trouve à la suite de la dissolution sucrée: il a pour but de déterminer la position du plan de polarisation de la lumière à sa sortie de l'instrument.

[Tels sont les éléments essentiels de l'appareil, très-simple, dont Biot se servit pour déterminer le pouvoir rotatoire des corps, et qu'il tenta d'appliquer à la saccharimétrie: la rotation du plan de polarisation était donnée directement par la lecture sur un disque grrdué, solidaire de l'analyseur. Nous avons vu que la rotation du plan de polarisation était variable pour chaque rayon simple: il fallait donc, pour que les observations fussent comparables, déterminer, une fois pour toutes, la teinte à la quelle on devait rapporter toutes les expériences. A la suite de nombreux essais,[1] Biot reconnut que quand on tourne le prisme analyseur autour du rayon transmis, du côté où les déviations s'opèrent, on arrive toujours à un écart angulaire auquel l'image prend une teinte bleue de plus en plus foncée, qui se change presque immédiatement en rouge jaunâtre, ces deux nuances contrastées étant séparées seulement l'une de l'autre par un bleu violacé ou un violet bleuâtre tout à fait analogue à celui de la fleur de lin. Cette teinte se modifiant pour le plus petit déplacement de l'analyseur, soit à droite, soit à gauche, pour devenir soit rouge, soit bleue, facilite beaucoup les observations; Biot l'a désignée sous le nom de teinte sensible; il en calcula la déviation, d'après la loi suivant laquelle les plans de polarisation des divers rayons simples sont dispersés, et la trouva, dans tous les cas, sensiblement égale à la rotation du jaune moyen (24° pour une plaque de quartz de $1^m/_m$ d'épaisseur). On pouvait donc, tout en employant la lumière blanche, déterminer indirectement la rotation du plan de polarisation correspondant au jaune moyen, il suffisait de déterminer la rotation de la teinte sensible. Biot prit cette teinte comme base de ses observations et en fit le point de départ de sa méthode saccharimétrique.

1) Comptes rendus de l'académie des sciences. 1842.

Trés séduisante par la simplicité de l'appareil et la facilité des observations, cette méthode dut bientôt, cependant, être abandonnée, parcequ'elle ne reposait pas sur des données assez rigoureusement exactes. Il fut en effet démontré, par la suite, que la teinte sensible n'était pas appréciée également par les différents opérateurs, et que sa déviation, pour un même opérateur, n'était pas toujours suffisamment constante. Elle varie, en effet, sous certaines influences parmi lesquelles nous citerons l'état de l'atmosphère: on ne trouve pas les mêmes nombres suivant que l'on opère avec la lumière provenant d'un ciel azuré, ou par un temps couvert.]

Pour les essais de sucre, on fait principalement usage aujourd'hui de deux appareils, celui de Mitscherlich et celui de Soleil, qui se distinguent par la manière dont on observe la déviation. Dans le polarimètre de Mitscherlich, la déviation se mesure directement par la lecture de l'arc correspondant. Dans l'appareil de Soleil, on la mesure indirectement en l'annulant par une plaque de quartz qui ramène à gauche le plan de polarisation dévié à droite par la dissolution saccharine, ou qui exerce l'action inverse si l'on analyse du sucre de fruits.

L'appareil de Mitscherlich, plus ancien et d'une construction plus simple, est d'une manœuvre plus facile pour les débutants que celui de Soleil. Ces raisons, jointes à un prix moins élevé, ont généralisé son usage, quoique tous les gens expérimentés s'accordent à reconnaître que l'appareil de Soleil permet de faire des observations beaucoup plus précises. Dans les deux instruments, la polarisation s'effectue par des prismes de Nicol et le tuyau qui renferme le liquide, a, dans les deux, 200 millimètres de longueur. Il n'est pas inutile d'ailleurs de donner une description détaillée de chacun de ces instruments.

L'appareil de Mitscherlich porte, du côté d'où vient la lumière, le prisme polariseur de Nicol. Le tube où se trouve ce prisme, est solidaire à l'avant avec un limbe gradué. Le tout peut tourner autour de son axe de figure, mais est fixé d'habitude par une vis de pression. En avant est l'ocu-

laire, qui renferme le prisme analyseur et qui est mobile dans une ouverture ménagée au centre du limbe dont nous venons de parlér. L'oculaire porte un index, et, à 90°, une manette qui sert à mouvoir le tuyau. A l'aide de l'index, il est facile de connaître l'angle de rotation dont on a dû faire tourner le polariseur pour obtenir une image voulue.

Entre les deux prismes se trouve un tube, pour le liquide, long de 200 millimètres. Ce récipient peut être en verre et, dans ce cas, doit être recouvert de papier pour empêcher l'arrivée de la lumière diffuse. Plus habituellement on le fait en cuivre, et on ménage vers le milieu un petit orifice pour l'introduction du liquide à analyser. Les deux extrémités du tube, qu'il soit en verre ou en laiton, sont fermées par des glaces montées dans des garnitures métalliques étanches.

Quand on se sert de l'instrument, pour ne pas être gêné par la lumière du jour qui affaiblit l'intensité du rayon lumineux arrivant à l'œil à travers le tube, il est bon d'opérer dans une chambre noire, assez grande pour contenir une petite table pour la lampe et l'appareil et un siège pour l'observateur. La flamme de la lampe doit être masquée à l'observateur par un dispositif quelconque, de façon que l'œil ne perçoive pas de rayons directs en dehors de l'appareil. Un globe de fer blanc entourant le verre et muni d'un tube latéral, disposé comme on le verra plus loin, remplit parfaitement ce but. A défaut de cette disposition, on peut fixer en arrière du limbe gradué une grande feuille de papier.

Une fois pour toutes, et avant de se servir de l'instrument, on doit déterminer exactement la position du zéro. On y arrive en réglant convenablement le prisme polariseur à l'arrière, et cette manœuvre peut être faite par qui que ce soit, même sans connaître la théorie ou l'effet de la polarisation.

Pour cette détermination du zéro, on remplit le tuyau d'eau comme si l'on voulait faire un essai. On place l'index de l'oculaire exactement au degré 0, on règle la lampe à la hauteur la plus convenable en la haussant ou la baissant pendant qu'on observe, de façon qu'elle se trouve juste derrière

l'orifice; on rend le limbe indépendant du tuyau dans lequel est enchassé le polariseur, et on tourne ce dernier tuyau dans un sens et dans l'autre sans cesser d'observer à travers l'oculaire, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la position voulue. On est averti que ce point est atteint dès qu'en regardant par l'oculaire l'ouverture du tuyau on aperçoit comme un disque noir sur presque toute la surface, sauf deux bords ou segments faiblement éclairés à droite et à gauche. La partie la plus foncée est alors au milieu; elle forme une ligne exactement verticale, d'un noir intense dont la couleur va se dégradant uniformément des deux côtés. Tout en regardant à travers l'appareil, on doit tourner le tuyau successivement dans les deux sens jusqu'à ce qu'on voie précisément l'image que nous venons de décrire; il est bon du reste de se guider sur l'aspect des deux segments latéraux éclairés, et de prendre, pour position normale du prisme, celle dans laquelle les deux segments occupent la même largeur et où leurs limites sont parallèles et bien verticales. Avec quelque attention on arrive à saisir facilement cet instant. Pour rendre les segments plus nettement sensibles, on donne à l'aide de manette un mouvement de rotation de gauche et de droite au tube de l'oculaire. De la sorte on détermine une inégalité momentanée des bandes, et, par contraste, l'œil est plus apte à saisir le moment où elles redeviennent égales.

On doit en outre ne pas faire d'observations trop prolongées, mais s'arrêter de temps en temps et fermer les yeux. La première impression qu'on ressent ensuite est d'habitude la plus intense; l'œil reposé saisit instantanément et sans peine les petits écarts de la position normale, tandis qu'une tension forcée de la vision fait toujours paraître plus confus l'objet qu'on étudie.

Une fois qu'on a déterminé, soit par la ligne centrale, soit par les segments latéraux, la position du zéro, c'est-à-dire la phase d'obscurité maximum, (le pôle noir), on rend le limbe solidaire de l'objectif et on assujettit ainsi le prisme polariseur dans sa position exacte par rapport au zéro du limbe.

Le point qui correspond au maximum de clarté dans la rotation, (le pôle clair), se trouve en faisant tourner l'oculaire et le prisme qu'il porte de 90°, soit à droite, soit à gauche. L'ouverture postérieure apparait à l'œil pendant la rotation de plus en plus éclairée, jusqu'au moment de l'intensité maximum, c'est-à-dire jusqu'au moment où l'index a parcouru 90°. On ne saurait déterminer directement ce point du maximum de clarté, car ses caractères sont bien moins tranchés que ceux du minimum d'éclairement. Aussi est-ce pour ce motif qu'on prend toujours comme point de départ le pôle noir. Si l'on continue la rotation du prisme de 90° à 180°, l'intensité lumineuse décroît en suivant la loi inverse de celle comprise entre 0 et 90°. Le point 180° correspond exactement au point 0; il donne comme lui un disque noir, le maximum d'obscurité étant sur la ligne médiane, et les segments clairs des deux côtés. On peut se servir de l'observation à 180° pour contrôler la première expérience. Si, dans la première position, les segments sont très-légèrement inégaux et forment un angle très-faible avec la verticale, dans la seconde, l'erreur se produira en sens inverse et l'œil pourra de la sorte la saisir et la corriger plus aisément.[1] Le quadrant de 180° à 270° correspond naturellement à celui de 0° à 90°; à 270°, on observe un second maximum d'éclairement (plan de polarisation de la lumière blanche); dans le quatrième quadrant, de 270° à 360°, ou 0°, les phénomènes se reproduisent comme dans le deuxième.

Si maintenant on remplit le tube du polarimètre avec une dissolution filtrée et incolore de sucre pur, l'appareil étant au zéro, et que l'on regarde à travers l'oculaire, l'ouverture n'apparait plus comme un disque sombre: elle est éclairée et presque

1) Souvent on ne peut réussir à avoir la ligne sombre du milieu exactement verticale et, dans beaucoup d'appareils, la zône noire correspondant au zéro est toujours oblique. Dans ce cas, il convient de prendre comme position normale du prisme celle qui correspond au moment où la teinte noire la plus intense passe par le centre du disque et le partage en deux parties égales. On doit alors vérifier que les deux segments clairs ont bien la même largeur; du reste, malgré l'obliquité de ces segments, l'œil saisit parfaitement leur égalité et la réglementation est plus facile que si l'on se basait uniquement sur la ligne centrale. On ne doit donc jamais négliger cette double vérification.

toujours légèrement colorée en jaune. En tournant l'index, et par suite en déplaçant le prisme de l'oculaire, on constate qu'il s'est produit un phénomène de polarisation circulaire, et on voit se succéder les nuances: jaune, vert, bleu, violet, rouge, orangé. En d'autres termes, et comme nous l'avons expliqué plus haut, la solution saccharine a dévié vers la droite d'une certaine quantité angulaire chacun de ces rayons colorés.

Pour comparer les pouvoirs rotatoires des dissolutions saccharines que l'on veut essayer, on doit choisir, une fois pour toutes, le plan de polarisation, c'est-à-dire la nuance, toujours la même, dont on mesurera dans chaque cas la déviation. Avec l'appareil de Mitscherlich, on choisit la nuance de passage du bleu au violet, ces deux couleurs offrant un contraste plus sensible que toutes les autres. Si, au contraire, on cherchait à prendre comme base une nuance entre le bleu et le vert, on n'obtiendrait rien de précis.

Même pour la teinte de passage du bleu au violet, on éprouve certaines difficultés à saisir le moment exact où elle apparait; les teintes de passage n'ont pas toujours en effet la même étendue, elles sont très-étroites dans les dissolutions étendues, très-larges avec les liqueurs concentrées. Néanmoins, on arrive assez vite à déterminer le ton exact. La moitié de droite de ce spectre doit être d'un bleu pur, pendant que la moitié de gauche donne une dégradation du violet au rouge. On peut partir comme règle de ce fait, que la ligne où commence le bleu pur, et où par suite cesse le mélange du violet, doit apparaître exactement sur le diamètre vertical du spectre.

Avant de mettre en service le polarimètre, on doit déterminer la déviation qu'il produit pour une liqueur contenant une proportion de sucre connue, de façon à pouvoir déduire, dans chaque cas particulier, la proportion de sucre du rapport des angles de déviation.

Mitscherlich dissolvait 15 grammes de sucre desséché et aussi pur que possible dans une quantité d'eau telle que la dissolution occupât exactement un volume de 50 centimètres cubes. Dans un tube de 200 millimètres de long, cette liqueur

déterminait pour le rayon lumineux une rotation de 40°. En partant de cette base, il est facile de contrôler chaque appareil et d'apprécier la quantité de sucre contenue dans une dissolution donnée. Mais, avec une déviation de 40°, la distance angulaire des plans de polarisation du rayon rouge et du rayon bleu est assez grande, pour que le passage d'une nuance à l'autre occupe un certain espace, et qu'il soit difficile de fixer exactement la ligne de séparation entre ces couleurs; aussi, prend-on d'habitude, comme déviation normale, la moitié du chiffre de Mitscherlich, c'est-à-dire 20°. Cette déviation doit correspondre, pour un tube de 200 millimètres, à une dissolution contenant, dans 100 centimètres cubes, 15 grammes de sucre pur. Le liquide ainsi composé porte le nom de *solution normale*, et on dit que le polarimètre lui-même est bien réglé lorsque, en plaçant l'index à 20° et observant le spectre donné par cette solution, on le trouve mi-partie bleu, mi-partie violet rougeâtre.

Un angle de 20° est toujours facile à évaluer exactement, et il se prête commodément au calcul, car 20° correspondant à 100 pour 100 de sucre dans les matières en dissolution, il en résulte que 1° du polarimètre correspond à $\frac{100}{20}$ ou 5 % de sucre dans les matières solides.

Si, par exemple, 15 grammes de sucre brut dissous dans l'eau et occupant un volume de 100 centimètres cubes ont donné au polarimètre une déviation de 18°,8, il en résulte que le produit essayé contenait $18{,}8 \times 5 = 94$ % de sucre pur.

En résumé, l'essai consiste à dissoudre 15 grammes de la substance à analyser dans de l'eau, de façon que le volume de la dissolution soit de 100 centim. cubes, à observer l'angle de déviation, et à multiplier par 5 le nombre de degré trouvés. Ce produit représente le taux % de sucre dans la matière soumise à l'essai. On voit que 1 % de sucre correspond à $^1/_5$ de degré au polarimètre. Cette quantité angulaire est très-faible, et une erreur de $^1/_{10}$ de degré en trop ou en moins correspond à une différence de $^1/_2$ % dans la proportion de sucre. Or, souvent l'erreur que l'on commet, en déterminant la teinte

de passage et en lisant l'angle qui lui correspond, est de $^1/_4$ à $^1/_8$ de degré. Cette erreur de $^1/_4$ à $^1/_8$ de degré correspond à des différences de $1\,^1/_4$ à $1\,^2/_8$ dans la proportion de sucre. Si, pour les substances très-riches, les sucres cristallisés, par exemple, des différences de cette sorte n'ont pas une importance capitale, il peut n'en être pas de même pour les matières qui ne contiennent qu'une faible quantité de sucre, par exemple pour les produits des filtrations, les sirops ou le jus brut des betteraves. Pour ces matières, une différence de $^1/_2$ ou 1 % de sucre est très-importante, et il est essentiel d'éviter toute erreur à ce sujet. On y arrive en soumettant à l'essai des dissolutions plus concentrées, au lieu de n'opérer que sur des liquides contenant dans 100 centim. cubes 15 grammes de la substances à analyser. De la sorte, une proportion de sucre de 1 % correspond à une déviation angulaire plus forte dans le même rapport. Si, au lieu de dissoudre 15 grammes, on dissout un multiple de ce poids, 2, 3, 4 ou 5 fois 15 gr., de façon que le liquide occupe toujours un volume de 100 cent. cubes, l'angle de déviation étant proportionnel à la quantité de sucre en volume, 100 % de sucre donneront des angles de 2, 3, 4 ou 5 fois 20° au polarimètre et chaque degré correspondra, dans chacun de ces cas, à une quantité de sucre 2, 3, 4 et 5 fois plus faible, ainsi qu'il ressort du tableau suivant:

Si 100 centimètres cubes de la liqueur essayée contiennent:	Chaque degré de rotation correspondra à une proportion de sucre de:
15 grammes de sucre . .	$\frac{100}{20} = 5\,\%$
30 - - - . . .	$\frac{100}{40} = 2\,^1/_2\,\%$
45 - - - . . .	$\frac{100}{60} = 1\,^2/_3\,\%$
60 - - - . . .	$\frac{100}{75} = 1\,^1/_4\,\%$
75 - - - . . .	$\frac{100}{100} = 1\,\%$

Réciproquement, 1 % de sucre dans la substance analysée se traduira par les rotations suivantes:

Si 100 centimètres cubes de la liqueur essayée contiennent:	1 % de sucre dans la substance analysée donnera une rotation de:
15 grammes de sucre . .	$\frac{20}{100}$ = $^1/_5$° de degré
30 - - -	$\frac{40}{100}$ = $^2/_5$es - -
45 - - -	$\frac{60}{100}$ = $^3/_5$es - -
60 - - -	$\frac{80}{100}$ = $^4/_5$es - -
75 - - -	$\frac{100}{100}$ = 1 degré.

Il est clair que ce dernier rapport, dans lequel 1 degré de rotation correspond à 1 % de sucre, est de beaucoup le plus commode pour toutes les analyses de jus, et principalement pour tous les essais de betteraves. Il suffit de peser 75 grammes du jus soumis à l'expérience dans un vase de 100 centimètres cubes, de remplir le vase avec l'eau, puis d'ajouter 10 centim. cub. de sous-acétate de plomb; après avoir agité et laissé reposer, on filtre et on essaie rapidement au polarimètre la liqueur filtrée; (un trop long séjour la ferait devenir trouble). L'angle de rotation qu'on observe, augmenté de $^1/_{10}$°, (pour tenir compte de l'accroissement de volume de $^1/_{10}$° dû au sel de plomb), donne immédiatement le taux % de sucre que renferme le jus. Ainsi, dans une liqueur qui a donné de la sorte une rotation de 11°,5, la proportion de sucre est de 11,5 + 1,15 = 12,65 %.

Cette méthode de polarisation est plus facile, comme manipulations et comme calculs, que l'ancien procédé, dans lequel on devait chaque fois connaître la densité du jus. Mais, lorsqu'il s'agit de déterminer, non seulement la richesse saccharine, mais encore la valeur exacte de la betterave et la proportion de matières étrangères que renferme le jus, le procédé rapide que nous venons de décrire n'offre plus d'avantages, puisqu'il faut, dans tous les cas, prendre la densité du jus pour en déduire

la teneur en sels étrangers, et qu'on ne peut ainsi éviter l'emploi de l'aréomètre. En revanche, et bien que le cas se présente assez rarement dans la pratique, toutes les fois qu'on recherche uniquement la richesse saccharine, l'essai de 75 gr. de jus dans 100 centimètres cubes est de beaucoup le plus commode.

Dans l'ancien procédé, on prend 100 centim. cubes de jus sans y ajouter d'eau, on le clarifie avec 10 centim. cubes d'acétate de plomb et, après filtration, on fait l'essai au polarimètre. Si, par exemple, on observe dans ces conditions une rotation de 15°, en l'augmentant de $^1/_{10}$° pour tenir compte du sel métallique ajouté, on trouve 16°,5. Or, d'après la déviation normale à laquelle est réglé l'instrument, une rotation de 20° correspond à la présence de 15 grammes de sucre dans 100 centim. cubes de dissolution. Par suite, les 100 centim. cubes de jus soumis à l'analyse contenaient $\frac{15}{20} \times 16,5 = 12,73$ grammes de sucre. Toutefois ces 12^{gr},37 n'expriment pas un taux %, puisqu'ils doivent être rapportés au poids réel du jus et non à son volume. Il faut donc déterminer la densité du jus analysé pour connaître le poids que pèsent 100 centim. cubes de la dissolution.

La détermination de cette densité se fait, comme nous l'avons exposé précédemment, soit en pesant directement un volume de 100 centim. cubes, soit en faisant usage de l'aréomètre. Dans l'exemple que nous avons choisi, on trouve par la pesée directe une densité de 1,057, c'est-à-dire que 100 centim. cubes de jus pesaient 105^{gr},7. Ces 105^{gr},7 contenant 12^{gr},37 de sucre, il en résulte que 100 grammes contiennent $\frac{100}{105,7} \times 12,37 = \frac{12,37}{1,057} = 11^{gr},7$; en d'autres termes, le jus contenait 11,7 % de sucre. Le procédé peut en somme se formuler empiriquement ainsi que suit: on clarifie le jus avec $^1/_{10}$° de son volume d'acétate de plomb; on augmente l'angle de rotation trouvé de $^1/_{10}$°, on multiplie le total par $\frac{15}{20}$ ou $\frac{3}{4}$ et on divise le produit obtenu par la

densité du jus. Le quotient représente le taux % de sucre, en poids, que renferme le jus.[1]

Les produits colorés, comme les sirops, les sucres de basse nuance, les mélasses, etc., ont besoin, avant polarisation, d'être décolorés par le noir animal. Pour les dissolutions claires, il suffit de filtrer une seule fois sur du noir en gros grains; les liquides plus colorés doivent être au contraire agités soigneusement avec une quantité suffisante de noir neuf et réduit en poudre fine. Pour obtenir une décoloration aussi complète que possible, il faut employer successivement l'acétate de plomb et le noir. On verse d'abord l'acétate, on filtre et on met ensuite le liquide filtré en contact avec le noir. Il va de soi que le noir employé doit toujours être complètement sec, pour que son eau ne vienne pas étendre la dissolution soumise à l'essai. On sait d'ailleurs que, dans les dissolutions sucrées, le noir n'absorbe aucune trace de sucre, mais qu'il retient simplement les impuretés qui l'accompagnent, (sels, matières colorantes, etc.). Par suite, on n'a pas besoin d'épargner la dose de noir qu'on

---

1) Les appareils de Mitscherlich sont ordinairement accompagnés de tables qui donnent immédiatement, en regard de l'angle de rotation observé, le taux % en sucre correspondant. Ces tables dispensent par suite, et de déterminer la densité du jus, et de faire le calcul pour passer du rapport en volume au rapport en poids. Le résultat cherché s'obtient de la sorte très-rapidement, mais il est presque toujours inexact. Le calcul des tables repose en effet sur cette hypothèse que le jus analysé a pour densité celle qu'il aurait s'il ne renfermait que du sucre pur. Il en résulte que, dans le calcul pour passer du volume au poids, on prend une densité trop faible et le diviseur étant ainsi trop petit, le quotient, c'est-à-dire le taux % de sucre, est toujours trop fort. Il est facile de s'en assurer en comparant les chiffres fournis dans chaque cas particulier par les tables et par l'expérience complète. Cette dernière donne toujours un chiffre plus faible. Si donc on veut arriver à des résultats exacts, il importe de ne jamais omettre de prendre la densité du jus et de faire complètement le calcul. — Quant à la détermination de cette densité, il est préférable de l'obtenir en pesant 50 ou 100 centim. cubes de jus plutôt que de recourir à l'aréomètre, lorsqu'on n'opère que sur de faibles quantités de jus, par exemple sur des échantillons de betteraves. L'essai aréométrique exige plus de jus; en revanche il est plus simple, plus rapide, et, à ce titre, généralement employé dans les usines pendant la fabrication. Il va sans dire que la méthode des pesées, pour donner des résultats suffisamment exacts, ne doit pas porter sur des quantités de jus infinitésimales. Lorsqu'on fait usage des aréomètres de Brix ou de Balling, on trouve la densité correspondante en faisant usage de la table de la page 438.

emploie; on peut en ajouter un excès, sans avoir à craindre de diminuer la richesse de la dissolution et par suite son pouvoir rotatoire. — Nous donnons ci-après quelques exemples des recherches qui se présentent le plus fréquemment dans la pratique:

30 grammes de sirop faiblement jaunâtre, (filtré deux fois), sont étendus avec de l'eau de manière à former un volume de 100 centim. cubes. On y ajoute quelques grammes de noir fin et sec; après avoir fortement agité, on filtre le mélange. Le liquide clair et à peine coloré après filtration, donne au polarimètre 14°,5. Or, d'après la table de la page 455, 1° correspond, pour 30 grammes de matière dans 100 centim. cubes, à 2,5 % de sucre. La liqueur essayée contenait donc 14,5 × 2,5, soit 36,25% de sucre.

30 grammes de masse cuite, étendus d'eau de manière à donner 100 centim. cubes, fournirent une liqueur fortement jaune qui reçut 10 centim. cubes d'acétate de plomb, et, après agitation, fut filtrée. Le produit de la filtration était d'un jaune clair. Il fut additionné de quelques grammes de noir et filtré de nouveau. Le liquide était alors presque incolore; au polarimètre, il donna 30°,5: en ajoutant $^1/_{10}$° pour tenir compte du sel de plomb, on a 33°,55, ce qui, à 2,5 % de sucre par degré comme dans le cas précédent, correspond à 33,55 × 2,5 = 88,87 % de sucre dans la masse cuite.

30 grammes de mélasse très-colorée, étendus d'eau de façon à ramener le volume à 100 centim. cubes, furent additionnés de 20 centim. cubes d'acétate de plomb. Le produit filtré fut agité avec une forte proportion de noir et filtré de nouveau. Dans ces conditions, le liquide était encore coloré, et il fut traité de nouveau par le noir. Le produit ainsi obtenu était clair et donna au polarimètre 15°,25. En y ajoutant $^1/_5$°, on trouve 18°,33. La mélasse analysée contenait donc 18,33 × 2,5 ou 45,8 % de sucre.

75 grammes de jus déféqué,[1] fortement jaune, furent ramenés par l'addition d'eau à un volume de 100 centim. cubes.

---

1) La présence des bases dans les dissolutions sucrées diminue un peu leur pouvoir rotatoire. Aussi, les solutions fortement alcalines, telles que les jus défé-

On les traita par 10 centim. cubes d'acétate de plomb et par le noir. Le liquide filtré accusa au polarimètre 7°,5. Le jus contenait donc 7,5 + 0,75 soit 8,25 % de sucre.

Nous avons admis, dans tout ce qui précède, que l'appareil de Mitscherlich, bien réglé au point zéro, donne une déviation de 20° exactement lorsque les liquides renferment 15 grammes de sucre pur pour 100 centim. cubes. Si l'on essaie un certain nombre de polarimètres avec cette solution normale, on trouve presque toujours, même pour des appareils sortis de la même fabrique, que la déviation n'est pas exactement 20°. L'apparition du spectre mi-partie bleu, mi-partie violet-rouge, correspond à un angle un peu supérieur. Dans ce cas, on doit diminuer la proportion de sucre dans la liqueur normale et, au lieu de 15 grammes, n'en mettre qu'une quantité telle que la déviation angulaire soit exactement 20°. Ainsi, avec un appareil accusant 20°,5 pour une liqueur normale contenant 15 grammes dans 100 centim. cubes, il faut diminuer la proportion de sucre dans le rapport de 20 à 20,5, et prendre pour liqueur normale une solution contenant $\frac{20}{20,5} \times 15$ ou 14gr,635, puisque l'angle de déviation est proportionnel à la quantité de sucre. Cela fait, on procédera comme on l'a indiqué plus haut, mais, dans chaque analyse, au lieu de prendre 15 grammes, on prendra 14gr,635 ou ses multiples. Le passage des degrés à la proportion centésimale ne subit d'ailleurs aucune modification: suivant que l'on a multiplié par 1, 2, 3, 4 ou 5 fois la proportion normale des matières sucrées dans les 100 centim. cubes, on doit compter par degré, 5, 2½ . . . 1% de sucre.

Lorsqu'une dissolution normale à 15 grammes de sucre pour 100 centim. cubes donne des angles de déviation diffé-

---

qués par la chaux en excès, les mélasses contenant de la potasse, etc., doivent, avant l'action de l'acétate de plomb, être traitées par l'acide acétique, de façon que la liqueur soit neutre ou légèrement acide. Toutefois, quand la chaux ou la potasse ne se trouvent qu'en faible quantité, elles n'exercent aucune influence au point de vue d'un essai industriel.

rents en plus ou en moins de 20°, l'appareil étant bien réglé au point zéro, la correction à apporter à la composition normale de la liqueur n'offre, comme nous venons de le voir, aucune difficulté. On peut d'ailleurs recourir à la petite table suivante dressée par Otto.

Angle de déviation correspondant à la liqueur normale: 15 gr. dans 100 centim. cubes.	Proportion de sucre correspondant à une déviation exacte de 20°.
20°	15 gram.
20°,25	14,815
20°,50	14,635
20°,75	14,457
21°	14,285
21°,25	14,117
21°,50	13,953
21°,67	13,844

Si, au lieu de modifier la liqueur normale, lorsqu'elle ne correspond pas exactement à 20° de rotation, on prend toujours 15 grammes de matières sucrées ou des multiples de 15 gr. pour les soumettre à l'analyse, on doit modifier le calcul de passage des degrés en taux %, de manière à tenir compte de la variation angulaire due à l'inexactitude de l'instrument. Si, par exemple, un polarimètre marque 21° pour une liqueur contenant 15 grammes de sucre pur dans 100 centim. cubes, et si l'essai de 15 grammes de sucre brut donne 20°, on doit en couclure que le sucre analysé contient $\frac{20}{21} \times 100$ ou 95,23 % de sucre pur. Toutefois, en égard à la rapidité des calculs, lorsque la déviation normale est de 20°, il vaut toujours mieux ne pas altérer l'angle et calculer une fois pour toute la quantité normale de sucre pur correspondant à une rotation de 20°. Il est vrai que, dans ce cas, la substance à analyser ne doit plus être pesée en nombre ronds; au lieu d'en prendre 75 gr., il faudra, dans l'exemple précédent, prendre 14,635 × 5 ou 73gr,275 de jus; mais il n'en saurait résulter aucun inconvé-

nient, car, dans les deux hypothèses, il faut apporter à la pesée les mêmes soins et la même exactitude.

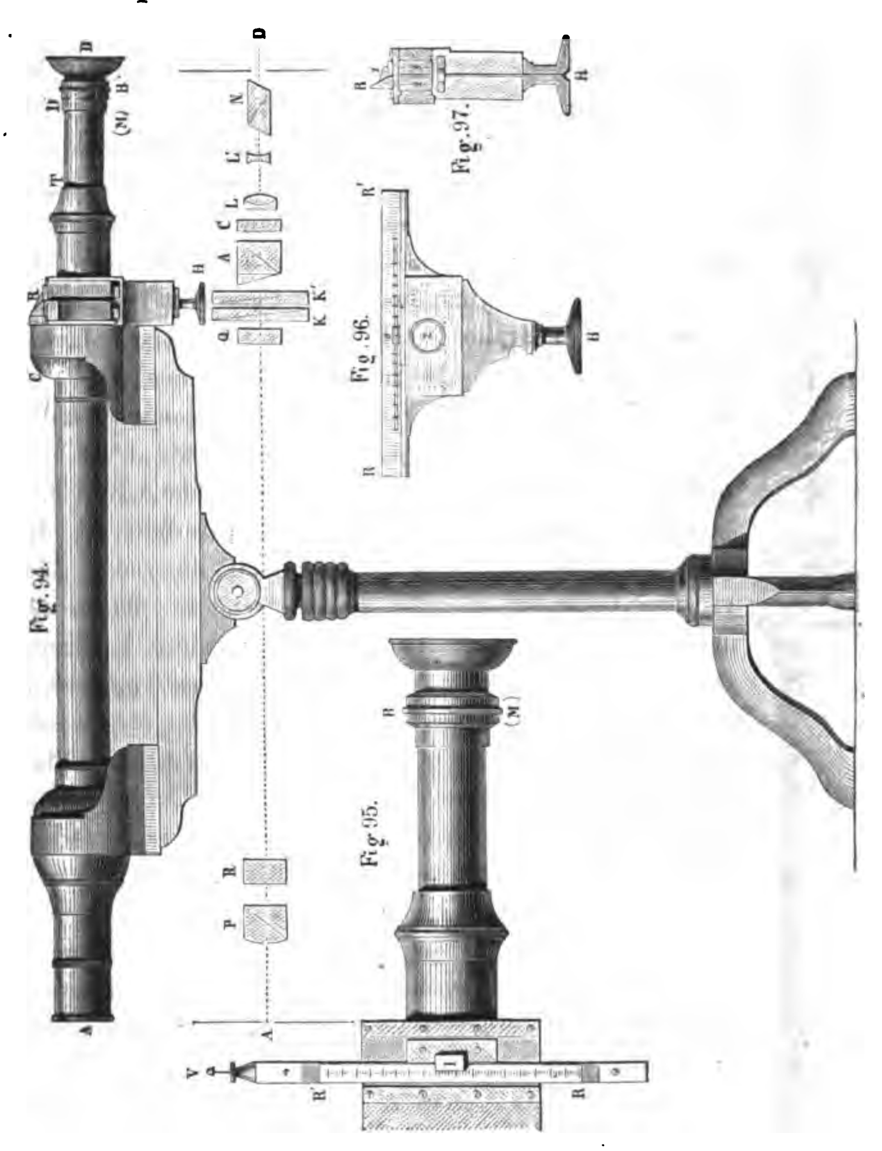
Lorsque, pour un appareil donné, on a déterminé par le calcul la composition de sa solution normale, il est bon de faire, à titre de contrôle, l'essai de cette solution en l'examinant au polarimètre et mettant l'index à 20°. Le spectre qu'on observe alors doit donner exactement la nuance qu'on s'est choisie pour terme de comparaison. Du reste, en ce qui concerne la mise au point, l'expérience prouve que tous les yeux ne voient pas un seul et même spectre avec les mêmes nuances. Un observateur verra, par exemple, la ligne de séparation entre le bleu et le violet, exactement au milieu, tandis que, pour un autre, elle paraîtra reportée soit vers la droite, soit vers la gauche. Il est très-rare que deux observateurs se servant du même appareil perçoivent des impressions identiques pour la même analyse; en général, ils apprécieront des quantités de bleu différentes. Toutefois, cette inégalité est sans importance, si chaque expérimentateur s'habitue à fixer lui-même les points correspondant à la solution normale et rapporte toutes ses observations à un spectre identique.[1]

Nous passons maintenant à la description du saccharimètre de Soleil (Soleil, Duboscq et Clerget). Cet appareil diffère de celui de Mitscherlich, comme nous l'avons déjà dit, en ce que l'on mesure d'une façon indirecte l'action rotatoire du sucre, à l'aide d'une plaque de quartz d'épaisseur variable, qui annule la déviation du rayon lumineux produite par la colonne liquide.

---

1) L'appareil de Mitscherlich le plus fréquemment employé ne comporte qu'un tube de 50^{cc} au lieu de 100. Toutefois, nous avons cru devoir, pour plus de clarté, rapporter toutes les observations qui précèdent à un tube de 100^{cc}. On comprend sans peine qu'il suffira de prendre dans chaque cas la moitié des doses que nous avons indiquées pour les solutions normales. Ainsi on prendra, par exemple, 7 gr. ½ de sucre brut qu'on ramènera au volume de 50^{cc}, et on multipliera l'angle trouvé par 5 pour avoir le taux % de sucre pur. Généralement aussi, on ajoute à la liqueur $^1/_5$e et non $^1/_{10}$e d'acétate de plomb, et l'appareil est muni à cet effet d'un vase jaugeant 10^{cc}. Dans ce cas, on aura à changer la correction indiquée plus haut, pour tenir compte de la présence du sel de plomb, et on devra ajouter à l'angle observé $^1/_5$e au lieu du dixième.

La figure 94 représente une vue de l'appareil, avec les dernières modifications que lui a fait subir M. Duboscq; les figures suivantes, de 94 à 99, indiquent la disposition des diverses parties.



La lumière de la lampe arrive en *A* et traverse le prisme biréfringent ou polariseur *P*, formé d'une lentille de crown-glass

Fig. 98.





à surface convexe et d'un prisme de spath d'Islande doublement réfringent. Les rayons rendus parallèles par la lentille se dédoublent en traversant le prisme et donnent naissance à un double faisceau de lumière polarisée; le faisceau extraordinaire est dévié du champ de l'appareil, le faisceau ordinaire, seul, continue se route et tombe sur la plaque *R*.

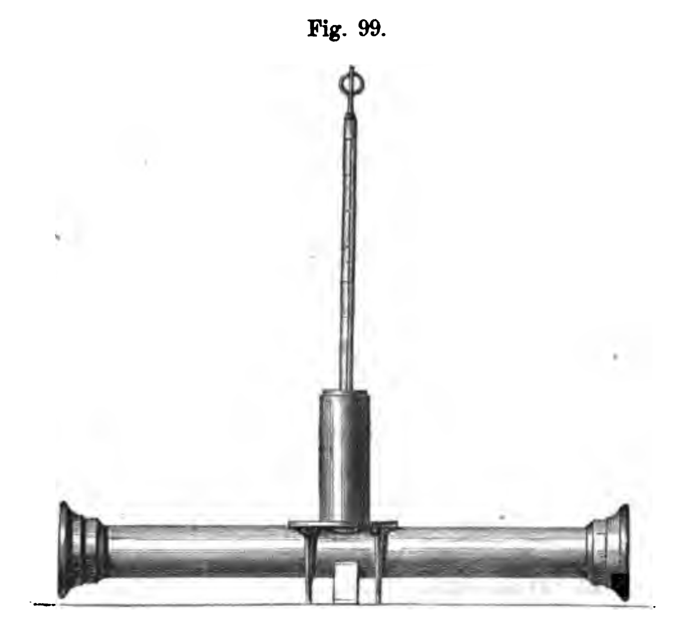
Cette plaque *R* est formée de deux demi-disques de cristal de roche accolés l'un à l'autre et de $3^{mm},75$ ou $7^{mm},5$ d'épaisseur. Ces demi-plaques sont montées de façon à dévier d'une même quantité le plan de polarisation des rayons lumineux, l'une vers la gauche, l'autre vers la droite. — Le rayon lumineux polarisé passe ensuite dans le tuyau d'expérience *B C* et arrive dans la partie qui porte le nom de compensateur.

Cette partie de l'appareil se compose: 1°, d'une plaque rectangulaire *Q* de cristal de roche, de rotation contraire à celle du sucre cristallisable; 2°, de deux plaques prismatiques de cristal de roche, de rotation contraire à celle de la première plaque *Q*, accolées à des prismes de verre, de manière à former ensemble une nouvelle plaque rectangulaire d'épaisseur constante. Les plaques *K K'* sont mobiles et glissent l'une sur l'autre, par la rotation du bouton horizontal *H*. Ces deux pièces forment donc en réalité une plaque unique de quartz dont l'épaisseur peut varier depuis zéro jusqu'au double de l'épaisseur de l'une des lames. Il va de soi d'ailleurs que ces plaques, comme la plaque *Q*, sont taillées perpendiculairement à l'axe optique du cristal de roche, cette substance ne déterminant la polarisation circulaire que dans une seule direction.

L'action des quartz *K K'* devant, comme on le verra plus loin, compenser la déviation due au liquide sucré, il est essentiel de pouvoir mesurer exactement, à chaque moment, l'épaisseur des lames *K K'* que

traversent les rayons lumineux. A cet effet, sur l'une des plaques, K, est montée une échelle divisée $R\,R'$, mais cette échelle n'est pas invariablement fixée à la monture de la plaque; elle peut glisser dans une coulisse et un ressort tend sans cesse à la ramener à gauche, pendant qu'une vis, dont la tête est en V, permet de lui donner au besoin un léger déplacement vers la droite et de la fixer en un point convenable. La seconde plaque K' est solidaire d'une seconde échelle glissant devant la première et portant un trait unique. Il suit de là que la

Fig. 99.



position de ce trait sur la première échelle permettra d'apprécier le deplacement donné aux plaques à l'aide du bouton H, et d'en déduire par suite l'épaisseur des plaques pour cette position déterminée.

En sortant du compensateur, le rayon lumineux rencontre le prisme analyseur A lequel est constitué, en allant de gauche à droite sur la figure, 1°, d'un très-petit prisme de flint-glass, 2°, d'un prisme de crown-glass, 3°, d'un prisme de spath d'Islande. L'analyseur est d'ailleurs fixé invariablement, son plan principal étant perpendiculaire à celui du polariseur.

Le faisceau lumineux a encore à traverser, en dehors des lentilles L L' de l'oculaire, le recomposeur ou reproducteur de teinte sensible formé d'une plaque de cristal de roche C et d'un prisme de Nicol N. Cette dernière pièce est disposée dans une monture mobile et on peut la faire tourner de 180° à l'aide de l'anneau molleté extérieur B. — Pour compléter la description de l'appareil, nous ajouterons que le porte-oculaire $T\,D$ peut s'enfoncer plus ou moins pour s'accomoder à la vue de chaque observateur, qu'enfin un système de ressorts et de vis de pression permet de placer ou retirer facilement les tubes à expérience $B\,C$ sans rien toucher au reste de l'appareil.

On comprendra sans peine l'action optique de l'appareil et sa manœuvre si l'on suit les diverses opérations qu'exige une expérience. — On a d'abord à déterminer le zéro, et dans le saccharimètre de Soleil, comme dans celui de Mitscherlich, cette détermination doit précéder l'usage de tout appareil.

Dans ce but, on remplit d'eau le tube d'expérience; on place devant l'ouverture A la lampe, dont on enveloppe au besoin la flamme par un manchon métallique muni d'un tube latéral, et, après avoir mis la lunette au point, on examine en D à travers l'oculaire. Si l'appareil est bien réglé, on doit apercevoir comme image un disque partagé en deux demi-cercles égaux par une ligne sombre verticale. Ces deux moitiés doivent avoir exactement la même coloration.

Cette coloration égale des deux demi-disques s'explique aisément. Si, comme on l'a supposé, les échelles sont bien réglées, et l'index au zéro, les prismes de quartz KK' occupent une position telle que leur épaisseur totale est précisément égale à celle de la plaque Q. L'effet de polarisation de cette plaque est donc totalement annulé par l'action en sens contraire de $K + K'$; par suite, le rayon lumineux n'est soumis qu'à l'effet de R et comme cette plaque se compose de deux moitiés exerçant la même déviation, mais en sens inverse, le spectre doit être composé de deux moitiés de nuance identique. La ligne sombre du milieu provient de la surface de séparation des deux parties de la pièce R.

Si les deux moitiés sont inégalement colorées, la différence ne peut être due qu'à ce que l'action polarisante de *R* est modifiée par une polarisation provenant du compensateur. C'est ce qui arrivera si la somme des épaisseurs de *K* et *K'* correspondant à leur position normale diffère, soit en plus, soit en moins, de l'épaisseur de la plaque *Q*. Dans ce cas, on a à corriger la position relative de *K* et *K'*, de façon à les ramener à l'épaisseur voulue. On y parvient à l'aide de la vis *H* qui fait glisser les plaques l'une sur l'autre. Une fois que l'on est arrivé à la position voulue, on agit sur la vis de rappel *V* de façon à ramener le zéro de l'échelle devant l'index, et l'appareil est prêt pour l'expérience.

L'appareil étant ainsi réglé, les deux moitiés de l'image tout en restant égales de teinte pourront présenter successivement toutes les colorations, suivant la position que l'on donnera au prisme *N*. Effectivement les rayons, colorés par leur passage à travers la plaque *R* et ramenés en *A* au même plan de polarisation, tombent sur la plaque de cristal de roche *C*, qui les disperse circulairement et sépare les rayons colorés élémentaires en donnant à chacun d'eux un plan de polarisation différent. Comme le prisme de Nicol *N* ne laisse passer à la fois qu'une seule de ces couleurs, suivant la position qu'on lui donne, on comprend qu'il suffit d'agir sur l'anneau molleté *B* pour obtenir dans l'appareil telle coloration que l'on veut comme terme de comparaison. On choisit généralement comme teinte sensible une nuance bleu-violacé virant très-facilement soit au vert, soit au rouge.

Ajoutons d'ailleurs que l'œil ne peut apprécier nettement l'égalité de nuances du spectre que s'il n'est pas fatigué: en fixant trop longtemps un même objet, on arrive à ne plus distinguer les petites différences de coloration. Aussi, doit-on souvent interrompre l'observation dans l'appareil, pour n'être pas exposé à s'arrêter à des spectres qu'un examen ultérieur fait connaître comme mauvais et qu'on doit ensuite corriger à nouveau.

Si maintenant on remplace dans le tuyau d'expérience *BC* l'eau par une solution sucrée, l'uniformité de teinte disparaît,

et on observe un disque dont les deux moitiés sont inégalement colorées. La déviation angulaire due à la présence du sucre entre en effet en ligne de compte: elle s'ajoute à l'effet de la partie de *R* qui dévie à droite, elle se retranche au contraire de l'effet de la partie qui dévie à gauche. Par suite, les deux moitiés du spectre correspondent à des plans de polarisation très-différents et doivent donner des nuances différentes. Ainsi, pour les solutions contenant une faible proportion de sucre, l'une des moitiés paraît bleue, l'autre est colorée en rouge. Mais il est facile de ramener l'identité de nuance primitive. Il suffit d'agir sur la vis *H* qui diminue l'épaisseur de *K K'*, de manière à ce que leur action de déviation compense et annule celle du liquide sucré. Une plaque de quartz de 1^{mm} détermine la même déviation du plan de polarisation qu'une couche de 200 millimètres de liquide sucré renfermant par 100^{cc} $16^{gr},35$ de sucre. Il suffit donc en général de faire varier l'épaisseur de *K K'*, de moins de 1 millimètre en plus ou en moins que l'épaisseur de *Q*, pour annuler l'inégalité de nuances qui résultait de l'interposition du liquide sucré, et ramener le spectre à une teinte uniforme.

On marque le chiffre 100 au point de l'échelle qui correspond à cette variation d'épaisseur de 1 millimètre pour les plaques et qui ramène l'égalité de teinte pour le liquide précédent. L'instrument est réputé exact quand, rempli par une dissolution contenant $16^{gr},35$ de sucre raffiné pur dans 100^{cc} et le zéro du vernier étant à la division 100, on observe un spectre uniformément teinté.

Bien que l'intervalle compris entre 0 et 100^{0} sur l'échelle et correspondant à une variation de 1^{mm} dans l'épaisseur des plaques, soit assez faible, cependant, on peut apprécier sans difficulté 1 degré et même un demi-degré de l'échelle, ce qui correspond à $^{1}/_{100}{}^{e}$ ou $^{1}/_{200}{}^{e}$ de millimètre de variation dans l'épaisseur des plaques *K K'*. Cette minime différence suffit d'autre part pour donner des différences de teinte très-nettes dans le spectre. La sensibilité optique de l'instrument est donc très-grande et permet de déterminer la proportion de sucre

avec beaucoup d'approximation puisque l'on peut, comme on le verra plus loin, doser le sucre à moins de $^1/_{10}$e % (0,08), en lisant les divisions de l'échelle au demi-degré.

100 degrés sur l'échelle ou une variation de 1 millimètre dans l'épaisseur des plaques, correspondent à 16gr,35 de sucre dans 100cc de dissolution. Il en résulte que 1° ou $^1/_{100}$e de millimètre dans l'épaisseur correspond à $\frac{16,35}{100}$ ou 0gr,1635 de sucre dans 100cc. D'après ces données, il est facile de calculer dans chaque cas la richesse saccharine d'un jus ou d'un liquide sucré: que par exemple on prenne un jus déféqué, qu'on le décolore en l'agitant avec du noir fin comme nous l'avons indiqué pour l'appareil de Mitscherlich, et qu'après filtration on l'analyse au polarimètre: s'il marque 53° à l'échelle, c'est qu'il contient, sur 100cc, $53 \times 0,1635$ ou 8gr,6 de sucre.[1] La densité du jus, déterminée par pesée directe avant la décoloration par le noir, était de 1,038, par suite 100cc pesaient 103gr,8 et 100 grammes de jus contenaient $\frac{100 \times 8,6}{103,8} =$ 8gr,2 ou 8,2 % de sucre.

---

1) On se dispense fréquemment de multiplier le degré trouvé par 0,1635 en faisant usage de tables de concordance établies pour passer de l'échelle des divisions au rapport centésimal c'est-à-dire à la proportion de sucre comprise dans 100 ou 1000cc de liqueur, et qui donnent le calcul tout fait. On trouvera également à la fin de l'ouvrage la table de Clerget qui est disposée d'une manière analogue, mais qui toutefois part de données un peu différentes de celles que nous avons posées ci-dessus. Dans cette table, 100° du polarimètre ne correspondent plus à 16g,35 de sucre dans 100cc; mais à 16g,47. Il en résulte que le nombre des degrés est multiplié par 0,1647. Dans l'exemple que nous avons choisi, la table donne 8gr,72 au lieu de 8gr,6. Cette différence est trop sensible pour qu'on puisse la négliger; il est donc nécessaire que chaque observateur dresse une table correspondant au pouvoir polarimétrique de son instrument, travail du reste sans difficulté, ou mieux que dans chaque analyse on fasse la multiplication. Le facteur que l'on doit employer est toujours le poids de sucre qui, dissous dans 100cc, donne 100° au polarimètre. La table de Clerget ne serait exacte que pour un appareil dans lequel cette quantité de sucre serait 16gr,47. Il va de soi qu'un polarimètre marquant 100° pour 16gr,35 peut être transformé en un polarimètre marquant 100° pour 16gr,47. Il suffit de modifier l'échelle, et dans ce cas, rien ne s'oppose à ce que l'on fasse usage de la table de Clerget.

Fig. 100.

Si l'on avait à analyser du jus brut de betteraves, on procéderait comme d'habitude: on ajoute $^1/_{10}$° en volume de sous-acétate de plomb, (on peut pour cela employer un vase gradué à 100 et 110^{cc} fig. 100); on filtre et on polarise.[1] Si le jus ainsi augmenté de $^1/_{10}$° en volume marque 71° par exemple, le même jus, sans addition de plomb, aurait donné 71 + 7,1 ou 78°,1. 100^{cc} de jus contiennent donc 78,1 × 0,1635 ou 12^{gr},76 de sucre. En divisant par le poids spécifique déterminé directement, 1,059 on trouve comme teneur réelle en sucre $\frac{12,76}{1,059}$ ou 12,04 %.

Pour les analyses de sucre brut, on dissout le poids normal soit 16^{gr},35 de la matière dans 100^{cc} d'eau. Le nombre des degrés lu à l'échelle donne immédiatement le taux % de sucre cristallisable dans la substance essayée. Par exemple, pour un sucre de premier jet décoloré par le noir, on dissout 16^{gr},35 dans 100^{cc}. Si on trouve au polarimètre 98,5, on en doit conclure que la teneur en sucre est de 98,5 %. Si l'on avait à étudier un sucre de second jet un peu plus coloré, on devrait y ajouter 10^{cc} de sous-acétate de plomb, filtrer, agiter avec du noir et filtrer de nouveau. Si ensuite la liqueur ainsi préparée donne 84°, c'est que la substance analysée contenait 84 + 8,4 ou 92,4 % de sucre pur. On procède de la même façon pour les masses cuites. Le nombre des degrés du polarimètre Soleil exprime toujours le taux % en poids de sucre dans la substance analysée, lorsque la liqueur essayée contient par 100^{cc} 16^{gr},35, c'est-à-dire le poids normal, de cette substance.

Pour les mélasses et les sirops, suivant leur richesse saccharine et leur degré de coloration, on fait l'essai sur deux, trois ou quatre fois la dose normale, c'est-à-dire sur des quantités de 32^{gr},70, 49^{gr},05, 65^{gr},40. Il en résulte qu'un degré à l'échelle polarimétrique correspond, suivant les cas, à $^1/_2$, $^1/_3$

1) [Scheibler recommande pour abattre les mousses qui se forment sur les jus dans l'emplissage des vaisseaux de jauge, et qui gênent la lecture, l'addition d'une goutte d'éther.]

ou $^1/_4$ % de sucre. Il va de soi d'ailleurs que le nombre de degrés donné par l'instrument doit être augmenté d'un dixième pour tenir compte de l'acétate de plomb. On se trouve exactement dans les mêmes conditions que pour l'appareil de Mitscherlich, sauf en ce qui concerne l'unité de poids prise comme point de départ. Il est à peine besoin de faire remarquer du reste que, pour l'analyse des jus naturels ou des solutions pauvres en sucre, on peut, comme avec l'appareil de Mitscherlich, déterminer directement la proportion en poids du sucre que renferment ces matières. Il suffit d'analyser un multiple exact de la quantité normale, par exemple de prendre 6 fois $16^{gr},35$ ou $98^{gr},1$ de jus, et de le ramener, en l'étendant d'eau, à 100^{cc}. Le nombre de degrés que l'on trouve ainsi, augmenté d'un dixième, (pour tenir compte de l'acétate de plomb), et divisé par 6, donne immédiatement le taux % de sucre en poids, sans qu'il soit nécessaire de déterminer la densité. Ainsi, si l'on a trouvé, pour un jus étendu de la sorte et clarifié par $^1/_{10}$° d'acétate de plomb, 61°, ce jus renferme $\frac{61 + 6,1}{6}$ ou 11,18 % de sucre. On opère de la même manière si l'on a employé seulement trois, quatre ou cinq fois le poids normal de jus dans 100^{cc}; on n'a qu'à diviser le résultat fourni par l'instrument par trois, quatre ou cinq pour avoir le taux % de sucre.

Souvent les instruments de Soleil comprennent, en dehors du tuyau d'expérience normal de 200^{mm}, un tuyau de 220^{mm}, qui sert pour l'analyse de liquides additionés de 10% en volume d'acétate de plomb ou d'acide chlorhydrique (lorsqu'on opère par inversion). De la sorte, on évite la correction que nécessiterait cette addition de corps étrangers: un liquide additionné au 10° donne en effet, sur une épaisseur de 220 millimètres, le même chiffre qu'il aurait donné pur sur 200 millimètres. Les degrés de l'échelle indiquent directement dans ce cas le taux % de sucre.

On peut également éviter la correction due à la présence du sel de plomb en prenant, au lieu de la quantité normale

de matière à analyser, cette quantité augmentée du dixième, exemple, en prenant $16^{gr},35 + 1,63$ ou 17,98 de matière au lieu de $16^{gr},35$, et en opérant de même dans les cas où l'on fait porter l'expérience sur des multiples de ce chiffre.

Lorsque l'on analyse des matières colorées, quand on cherche à ramener, en agissant sur le bouton *H*, les deux segments à l'identité de nuance, il arrive que la teinte uniforme rétablie n'est plus la teinte sensible choisie comme terme de comparaison. Dans ce cas, on doit faire tourner aussi le bouton molleté *B* pour ramener la teinte sensible, et, cette teinte obtenue, vérifier à nouveau l'identité de nuance des deux segments.

Quelque soin que l'on apporte à la graduation des saccharimètres, il arrive quelquefois qu'ils ne sont pas exactement réglés. Souvent, avec une dissolution normale, il faut amener le vernier à 101^{0} ou $101^{0},5$ de l'échelle pour obtenir l'identité des deux moitiés du spectre. Dans ce cas, on doit procéder comme pour l'appareil de Mitscherlich, et diminuer proportionnellement la quantité de matière correspondant à la dose normale. Ainsi, la dissolution de $16^{gr},35$ de sucre marquant 101^{0} à l'échelle, on devra n'employer dans les essais que $16,35 \times \frac{100}{101}$, soit 16,19 de matière ou des multiples de ce poids, dans 100^{cc}. Avec cette précaution, chaque division de l'échelle correspond à 1% de sucre si l'on opère sur $16^{gr},19$ de substance, à $\frac{1}{2}$%, $\frac{1}{3}$% . . . . . . si l'on opère sur 2, 3 fois . . . . . le poids normal. D'autre part, l'orsqu'on essaye du jus en prenant un volume de 100^{cc}, chaque division correspondra en volume à $\frac{16,19}{100}$ de sucre ou $0^{g},1619$.

L'expérience prouve qu'en employant le spectre normal jaune-clair ou bleu-violacé, on arrive à des déterminations très-exactes, attendu que des différences de teinte même assez faibles sont très-faciles à saisir. On peut du reste, comme contrôle, recommencer un essai fait avec ces spectres en partant d'une autre teinte, par exemple d'un spectre bleu ou rouge. Dans

tous les cas et quelle que soit la teinte de départ, pour ramener les deux moitiés du spectre à l'égalité de nuance, il faut déplacer de la même quantité les plaques *K K'* si l'on opère avec la même dissolution. On doit donc lire toujours le même nombre de divisions sur l'échelle, quelle que soit la teinte normale prise comme terme de comparaison. Des vérifications de cette nature sont particulièrement utiles pour ceux qui ne sont pas très-familiarisés avec l'instrument.

Dans les essais polarimétriques, on fait souvent à titre de contrôle un essai du pouvoir lévogyre de la dissolution, après avoir transformé le sucre en sucre lévogyre, soit par la chaleur, soit par l'action des acides. Cette méthode d'inversion est particulièrement utile lorsque la matière analysée contient, à côté du sucre de cannes déviant à droite, d'autres substances également susceptibles de dévier le plan de polarisation. Dans ces substances figure le sucre de fruit qu'on rencontre fréquemment dans le jus de betteraves germées et qui se forme dans les mélasses et les sous-produits par suite de certaines actions chimiques: la présence de cette variété de sucre se décèle d'ailleurs facilement par la méthode de Trommer, en chauffant la dissolution avec du sulfate de cuivre et de la potasse. Le sucre de fruits déviant à gauche le plan de polarisation, une dissolution contenant à la fois du sucre de fruits et du sucre cristallisable n'accusera au polarimètre qu'une déviation correspondant à la différence des deux effets. Par suite, si l'on prenait ce résultat sans correction, on trouverait, comme proportion de sucre cristallisable, un chiffre plus bas qu'il n'est en réalité; un seul essai de polarisation directe ne saurait donc donner, dans ce cas, de résultats concluants, et l'on doit intervertir le sucre de canne contenu dans le liquide, soit en le chauffant, soit en ajoutant une petite quantité d'acide sulfurique ou chlorhydrique; de la sorte, tout le sucre est transformé en sucre de fruits lévogyre et on peut déterminer l'action de déviation à gauche du liquide. La différence entre les déviations à droite et à gauche donne le taux % réel de sucre cristallisable dans la matière soumise à l'essai. On a dressé

des tables qui, pour chaque différence entre les pouvoirs de déviation à droite et à gauche donnent immédiatement et sans calcul la richesse saccharine de la liqueur essayée. Nous reproduisons à la fin de l'ouvrage une table de cette nature applicable aux polarimètres de Soleil et dont on fait fréquemment usage. L'exemple suivant d'inversion pour un jus de betteraves fera d'ailleurs comprendre la marche du procédé et l'usage des tables.

On prit trois fois le poids normal pour l'appareil de Soleil, soit 49gr,05, de jus de betteraves. Ce jus fut étendu d'eau de manière à occuper un volume de 100cc, et soumis à l'essai polarimétrique comme d'habitude. Cent autres centimètres cubes de jus dilué de la même façon furent placés dans un ballon avec 10cc d'acide chlorhydrique. Pour obtenir plus rapidement l'inversion du sucre, le ballon fut chauffé au bain-marie. Quand la liqueur eut été maintenue pendant 10 ou 15 minutes à 80°, on pouvait admettre que la transformation du sucre était achevée. On retira alors le ballon et on le laissa refroidir. Le dépôt se sépara promptement et l'on soumit la liqueur claire à l'essai polarimétrique dans un tube de 220mm. Cette longueur additionnelle de tuyau correspond à l'addition de l'acide; avec un tuyau de 200mm on aurait eu à augmenter de 10 % le nombre de degrés trouvé. La température exerçant une grande influence sur la déviation du sucre de fruits, on doit noter exactement celle que marque le thermomètre placé dans le tuyau d'expérience. Le chiffre de degrés de déviation sur la gauche qu'on observe ainsi, est ajouté ensuite à celui de la déviation dextrogyre antérieurement relevé.

Supposons que le jus, avant inversion, ait donné 41°,8 de déviation à droite; qu'après inversion et à une température de 18°,75, il ait donné 15°,4 de déviation à gauche, soit au total 57°,2. En se reportant à la table qui se trouve à la fin de l'ouvrage: "Table pour l'analyse des substances sucrées," on trouve qu'à la température de 18°,75 le chiffre le plus voisin de 57°,2 est 57°,3, lequel correspond (Colonne A) à 42 % en poids de sucre, et comme nous avions pris trois fois la dose

normale ou 49gr,05 de jus, il en résulte que ce jus contenait $\frac{42}{3}$ ou 14 % de sucre.[1]

Le polarimètre de Ventzke, comme on peut s'en assurer par le dessin ci-joint, fig. 101, diffère peu, pour la forme, la disposition intérieure et l'effet optique, des appareils que nous

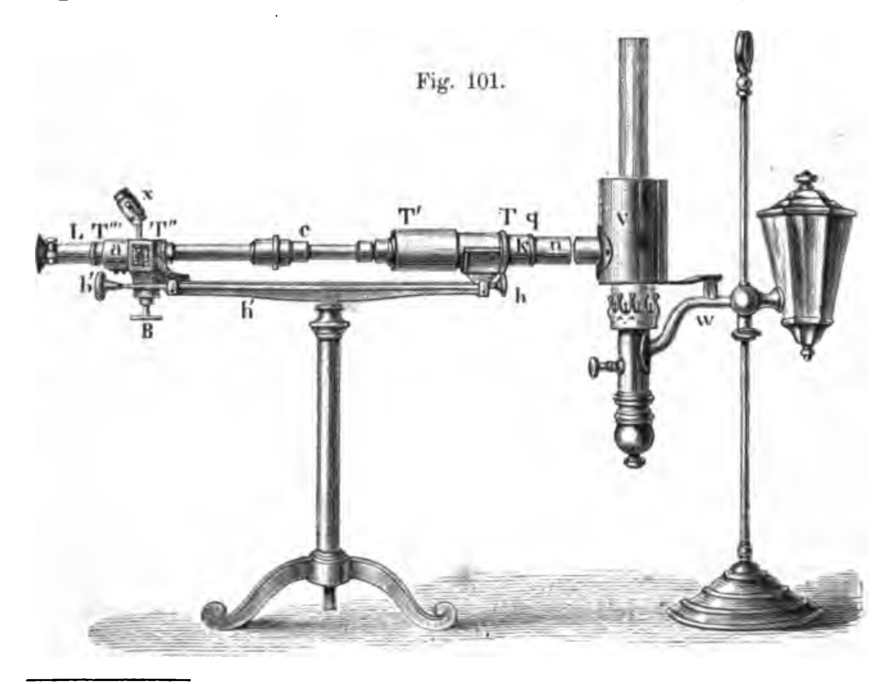


Fig. 101.

1) Pour faire des essais d'inversion et de polarisation lévogyre, il faut plus de soin et d'attention qu'on n'a besoin d'en apporter aux polarisations dextrogyres dont la mesure est beaucoup plus facile. Il est en particulier indispensable de ne pas se borner à un seul essai de sucre interverti, mais de répéter l'expérience plusieurs fois, de manière à prendre la moyenne des résultats. Le pouvoir rotatoire du sucre de fruits n'est pas en effet aussi bien connu, ni aussi constant, que l'action du sucre de cannes. Tandis que, pour celui-ci, il est hors de doute qu'un gramme dans 100 centimètres cubes dévie à droite de 0,75 de degré dans le polarimètre de Mitscherlich, on est beaucoup moins d'accord sur l'effet d'un gramme de sucre de fruits dans les mêmes conditions. D'après les recherches de Pohl, un gramme de cette matière essayée au polarimètre de Mitscherlich dans 100cc, donnerait 0°,438; Michaëlis admet 0,504, Gentele 0,448, Otto 0,393. Ces différences dans les résultats d'expérience ne sont pas encore nettement expliquées. En fait, en répétant plusieurs essais d'inversion sur une même substance saccharine, avec les mêmes manipulations, on n'obtient presque jamais des résultats indentiques.

venons de décrire; ce n'est, à proprement parler, qu'un polarimètre de Soleil légèrement modifié.

L'addition d'un cylindre de porcelaine *V* sur la lampe *U* pour concentrer la lumière dans l'appareil, la faculté de rapprocher la lampe du polarimètre, permettent de faire les expériences dans de meilleures conditions d'éclairage qu'avec l'appareil français. Les tuyaux d'observation ont 200 millimètres et sont entièrement en verre, ce qui permet de les maintenir plus propres. Il suffit, pour les nettoyer, de passer dans l'intérieur un linge un peu fin, tandis que les parties métalliques du polarimètre de Soleil exigent plus de travail. Une enveloppe noircie empêche l'action de toute lumière extérieure.

L'instrument est en outre muni d'un tuyau de demi-longueur (100 millimètres), qui permet d'essayer plus sûrement les dissolutions colorées ou trop concentrées. Dans ce cas, les indications de l'echelle doivent être doublées. La fig. 101 représente précisément un tuyau de 100 millimètres *c* dans la position qu'il occupe.

Pour vérifier que l'appareil est bien réglé au zéro, on opère comme pour le polarimètre de Soleil: le zéro du vernier étant au zéro de l'échelle, les deux moitiés du spectre doivent paraître de même teinte et cette égalité doit subsister pour tous les spectres normaux quelle que soit la nuance qu'on leur donne en faisant tourner la partie *O*. Si le zéro n'était pas bien réglé, on le rectifierait à l'aide d'une clé terminée par un bouton ménagé à cet effet sur le côté de l'instrument.

Il est à peine besoin de dire que la lunette *L* peut être allongée au raccourcie de façon que l'image du spectre se produise nettement et qu'on voie bien le trait qui sépare les deux moitiés du disque. La loupe *X* permet de lire plus facilement les divisions de l'échelle.

Ventzke employait, pour liqueur normale, une liqueur dont la densité à 17° 1/2 est exactement 1,100, et marquait 100 au point de l'échelle correspondant à la déviation produite par cette liqueur. J'ai pu m'assurer d'ailleurs que cette graduation

était très-exacte et que les soins les plus minutieux étaient apportés pour assurer la précision des indications.

Otto donne, pour la composition de cette liqueur normale, 26gr,048 de sucre dans 100cc de dissolution; il en résulte que la liqueur renferme $\frac{26,048}{1,1}$ ou 23,68 % en poids de sucre. Chaque degré de l'échelle représenterait dès-lors 0gr,26048 de sucre dans 100cc.

Mais on a souvent intérêt à faire les essais sur de moindres quantités, et, dans la fabrication, il est rare qu'on ait à analyser des jus pesant plus de 1gr,10 par centim. cube. J'ai donc trouvé plus avantageux de n'opérer que sur des dissolutions demi-normales, dont la densité est de 1,05, et qui contiennent 13 gr. de sucre pur dans 100cc.[1] Cette solution demi-normale,

---

1) Il est facile de s'assurer que la proportion de 13gr de sucre, ou plus exactement 13gr,024 pour 100 centimètres cubes correspond bien à la solution de Ventzke pour la concentration demi-normale: l'angle de déviation d'une dissolution sucrée est en effet proportionnel à sa teneur en sucre *pour un volume donné* et non *pour un poids donné*. Si donc 26gr,048 dans 100cc, c'est-à-dire la solution normale de Ventzke, donnent à l'essai polarimétrique 100 degrés, un liquide polarisant à 50° devra contenir, pour le même volume, la moitié du sucre en poids, soit 13gr,024 pour 100cc et chaque degré de déviation correspondra alors exactement à 2 % de sucre dans la substance analysée.

On commettrait une erreur grave, et malheureusement assez fréquente, si l'on admettait que, pour deux dissolutions prises successivement à volume égal et à poids égal, le rapport du sucre resterait le même. Il est facile de se convaincre qu'il n'en est rien en discutant un exemple particulier: ainsi, si l'on prend une dissolution normale de Ventzke et la demi-dissolution normale qui contiennent dans 100cc, l'une 26gr,048, l'autre 13gr,024 de sucre, on verra que 100gr de la seconde contiennent plus de la moitié du sucre que renferment 100gr de la première.

En effet, la dissolution normale de Ventzke contenant 26gr,048 de sucre dans 100cc a une densité de 1,10, c'est-à-dire que 100cc pèsent 110 grammes. Elle renferme donc une proportion de sucre représentée en poids par $\frac{26,048}{110}$ ou 23gr,68 de sucre pour 100 grammes.

D'autre part, la solution demi-normale renfermant pour 100 centim. cubes 13gr,024 et pesant 1,05, la proportion du sucre en poids est $\frac{13,024}{105}$ ou 12g,403 de sucre pour 100 grammes, c'est-à-dire notablement plus que la moitié du chiffre précédent. La différence est de 12,403 — 11,84 ou 0gr,563 en plus.

Il résulte de ce qui précède que, si l'on veut faire des essais avec la solution à demi-concentration de Ventzke et qu'on prépare cette liqueur par pesées directes, c'est-à-dire en dissolvant dans un volume d'eau convenable un poids

pour laquelle Schmidt de Berlin construit des aréomètres spéciaux, donne dans l'appareil de Ventzke une déviation angulaire de 50°; par suite, chaque degré correspond à 2% de sucre pur dans la matière dont on a pris 13 gr. pour l'essai.

Lorsqu'on a à analyser des produits riches en sucre, par exemple des sucres bruts, des masses cuites, etc., on prépare une dissolution contenant la quantité normale de cette matière et on en déduit la proportion de sucre. Pour les jus au contraire, on fait d'habitude l'essai directement, sans prendre la peine d'en préparer une dissolution normale; on ajoute à 100cc de jus 10cc de sous-acétate de plomb, on filtre et on polarise. Du chiffre des degrés lus au polarimètre on déduit, sans calcul, le taux % de sucre que renfermait le jus, en recourant à la table de Ventzke que nous donnons ci-contre. Il est facile de comprendre son usage:

---

connu de la substance saccharine, (et c'est la méthode la plus exacte), il faut dissoudre pour 100cc 13gr,024 de la substance ou des multiples de ce poids. On devra dans ce cas compter pour chaque degré de déviation 2% en poids de sucre dans la substance donnée (ou une partie aliquote de 2% si l'on a opéré sur des multiples de 13gr,024). — Si, au contraire, on prépare la solution en se basant sur son poids spécifique, comme on fait quand on cherche, en même temps que le sucre, les substances étrangères, cette solution doit avoir comme densité 1,05. Mais, dans aucun cas, on ne doit prendre comme solution demi-normale celle qui contiendrait la moitié du taux % de sucre en poids de la solution normale c'est-à-dire 11,84, et ce serait commettre une erreur que de compter avec une solution ainsi composée 2% de sucre par degré de déviation observé.

Un exemple montrera combien seraient inexacts les résultats qu'on obtiendrait ainsi, avec une solution renfermant sur 100 gr. 11,84 de sucre, si on la prenait pour solution demi-normale, et si l'on comptait 2% de sucre par degré polarimétrique. Une solution renfermant 11gr,84 de sucre sur 100 gr. à une densité de 1,046. Elle renferme donc sur 100cc 11,84 $\times$ 1,046 ou 12,38% de sucre. Elle doit donner par suite au polarimètre une déviation de $50 \times \frac{12,38}{13,048}$ soit 47°,61. Chaque degré correspond à $\frac{100}{47,61}$ ou 2,1% de sucre sur 100 grammes. Il en résulte que si un sucre brut donne 45° avec une dissolution contenant 11gr,84 de sucre sur 100 gr.; ce sucre renferme 45 $\times$ 2,1 soit 94,5 de sucre au lieu de 90° (45 $\times$ 2) qu'on trouverait si l'on comptait 2% seulement par degré. L'erreur est donc assez importante pour qu'on ne la néglige pas, si faible que soit la différence au point de départ: on l'évitera d'ailleurs sans peine si l'on ne perd pas de vue ce principe fondamental des essais polarimétriques: le pouvoir rotatoire d'un liquide varie proportionnellement à la quantité de sucre qu'il renferme pour un *volume constant*.

Relation entre les degrés polarimétriques et le taux % de sucre.
(Appareil de Ventzke.)

Degrés.	Taux % de sucre		Degrés.	Taux % de sucre		Degrés.	Taux % de sucre	
	sans acétate de plomb.	avec acétate de plomb.		sans acétate de plomb.	avec acétate de plomb.		sans acétate de plomb.	avec acétate de plomb.
1	0,26	0,29	38	9,55	10,51	75	18,19	20,04
2	0,53	0,58	39	9,77	10,71	76	18,40	20,24
3	0,79	0,87	40	10,03	11,03	77	18,65	20,52
4	1,05	1,16	41	10,25	11,28	78	18,85	20,74
5	1,29	1,42	42	10,50	11,55	79	19,10	21,01
6	1,55	1,71	43	10,75	11,83	80	19,34	21,24
7	1,82	2,00	44	10,98	12,08	81	19,55	21,54
8	2,08	2,29	45	11,22	12,34	82	19,79	21,77
9	2,32	2,55	46	11,46	12,61	83	20,00	22,00
10	2,58	2,84	47	11,71	12,88	84	20,24	22,26
11	2,84	3,12	48	11,93	13,12	85	20,43	22,47
12	3,10	3,41	49	12,17	13,39	86	20,67	22,74
13	3,35	3,69	50	12,40	13,64	87	20,88	22,97
14	3,60	3,96	51	12,65	13,92	88	21,12	23,23
15	3,85	4,24	52	12,88	14,17	89	21,31	23,44
16	4,10	4,51	53	13,12	14,43	90	21,55	23,71
17	4,35	4,79	54	13,33	14,66	91	21,79	23,97
18	4,60	5,06	55	13,57	14,93	92	22,00	24,20
19	4,85	5,34	56	13,78	15,16	93	22,17	24,39
20	5,10	5,61	57	14,02	15,42	94	22,43	24,67
21	5,35	5,89	58	14,27	15,70	95	22,66	24,93
22	5,60	6,16	59	14,41	15,85	96	22,87	25,16
23	5,85	6,44	60	14,75	16,23	97	23,10	25,41
24	6,10	6,71	61	14,95	16,45	98	23,27	25,60
25	6,35	6,99	62	15,20	16,72	99	23,52	25,87
26	6,60	7,26	63	15,43	16,97	100	23,68	26,05
27	6,85	7,54	64	15,67	17,24			
28	7,10	7,81	65	15,90	17,49	0,1	0,02	0,03
29	7,32	8,05	66	16,15	17,77	0,2	0,05	0,06
30	7,58	8,34	67	16,35	17,99	0,3	0,07	0,08
31	7,82	8,60	68	16,60	18,26	0,4	0,10	0,11
32	8,08	8,89	69	16,81	18,49	0,5	0,13	0,14
33	8,30	9,13	70	17,05	18,76	0,6	0,15	0,17
34	8,55	9,41	71	17,30	19,03	0,7	0,18	0,20
35	8,80	9,68	72	17,50	19,25	0,8	0,21	0,23
36	9,05	9,96	73	17,74	19,51	0,9	0,24	0,26
37	9,30	10,23	74	17,95	19,75			

Si, par exemple, une observation polarimétrique a donné 43°,6, on cherche d'abord dans la colonne des degrés le nombre 43. Le chiffre correspondant avec emploi du sel de plomb est 11,83 % de sucre. Le complément 0°,6 dans la table finale donne dans la même colonne 0,17 %. Ce dernier chiffre ajouté à 11,83 donne, comme richesse saccharine du jus marquant 43°,6, 12 % de sucre.

La rapidité et la simplicité de cette méthode, qui fournit le résultat cherché sans pesées et directement, font qu'elle est presque toujours usitée dans la pratique. Si l'on avait à analyser une liqueur à laquelle il fût inutile d'ajouter du sous-acétate de plomb, le taux % de sucre se trouverait tout aussi facilement dans la colonne intitulée: "Sans acétate de plomb."

On peut également déterminer la richesse d'un jus traité par l'acétate de plomb et polarisé sans recourir à la table précédente. Il suffit d'augmenter d'un dixième le nombre de degrés trouvés et de multiplier le résultat par 0,26. Il est facile de comprendre la raison d'être de ce coefficient. Avec la liqueur normale de Ventzke, 26 % de sucre dans 100^{cc} donnent une déviation de 100°; il en résulte que chaque degré correspond à $\frac{26}{100}$ ou 0,26 % de sucre dans 100^{cc}. Dans l'exemple cité plus haut, la déviation étant de 43°,6 on aurait de la sorte (43,6 + 4,36) × 0,26 soit 12^{gr},47 de sucre pour 100^{cc}. En divisant ce chiffre par la densité de la solution, on trouverait $\frac{11,47}{1,508}$ soit 11,9 % de sucre sur 100 grammes de dissolution.

L'emploi de la table dispense de ces calculs.[1] On peut également peser 26 gr. ou mieux 3 fois 26 gr. de jus, les

1) Les chiffres de la table précédente donnent directement les taux % de sucre rapportés à 100 grammes de la solution, mais dans l'hypothèse où les solutions ont la même densité que si elles ne contenaient que du sucre. Pour les calculer, on opère en effet sur des solutions de sucre pur et on divise les taux % rapportés à 100^{cc} par la densité. Les chiffres de la table représentent les quotients que l'on obtient de la sorte Mais, par suite de la présence de sels étrangers, les jus ont, comme nous le savons, une densité plus grande que celle qui correspond à leur proportion de sucre. Cette différence entre la densité réelle et la

ramener dans une éprouvette graduée au volume de 100cc, ajouter 1/10e de sous-acétate de plomb, et essayer le liquide filtré et clair. Le nombre de degrés polarimétriques augmenté de 1/10e donne directement ou après division par 3, suivant que l'on a employé 26 grammes ou 26 gr. × 3 de jus, la teneur en sucre. Ainsi une observation de 33°, soit après augmentation du 10e, correspond à $\frac{36}{3}$ ou 12 % de sucre sur 100 gr. de jus.

Lorsqu'on analyse des sucres bruts, des masses cuites, des sirops ou des mélasses, l'opération se fait de même sur 26 gr. de matière que l'on traite par l'acétate de plomb, que l'on filtre et que l'on décolore par le noir quand il est nécessaire. Le nombre de degrés trouvé indique la teneur en sucre. On aurait à diviser ce nombre par 2 ou par 3 si, au lieu d'opérer sur 26 grammes de substance, on en avait pris 2 ou 3 fois 26 grammes.

Lorsque, en fabrication, on a à essayer des jus alcalins, il est indispensable de les neutraliser d'abord soit avec de l'acide acétique, soit plutôt avec de l'acide phosphorique. On sait en effet que la présence des bases dans le jus diminue son pouvoir rotatoire.

Les procédés d'analyse que nous venons de décrire et qui reposent sur l'emploi, dans le polarimètre de Ventzke, de solutions de densité constante, 1,10, offrent un avantage im-

---

densité hypothétique est insignifiante quand les liqueurs ne contiennent qu'une faible proportion de sels étrangers, et le taux % réel de sucre fourni par le calcul diffère de celui que donne la table de 1/10e % au maximum. Il en est tout autrement quand les sels étrangers se trouvent en notable proportion. Dans ce cas, la différence entre le taux % de sucre fourni par les deux méthodes peut atteindre un tiers ou 1/4 %. Un exemple le démontrera: un jus traité par le plomb a donné au polarimètre 50°. D'après la table il devait contenir par 100 grammes 13gr,64 de sucre. Mais le calcul ne donne que 13gr,38, $\frac{50 + 5) \times 0,26}{1,068}$. La différence en moins est donc de 0,26 % ou plus de 1/4 %. Dans beaucoup de cas, cette cause d'erreur est trop importante pour qu'on la néglige, et, lorsqu'on a besoin de résultats exacts, il vaut mieux faire le calcul au lieu de recourir à l'usage de la table, plus rapide il est vrai, mais moins exact.

portant pour le fabricant. Ils permettent de déterminer non seulement la quantité de sucre contenue dans un jus, mais encore la quantité de sels étrangers; ils donnent donc, en même temps que la richesse absolue du jus, sa richesse relative, c'est-à-dire le rapport entre le sucre et les sels étrangers dans 100 parties de matière solide, le quotient de richesse saccharine.

Si en effet on essaie au polarimètre une solution de sucre raffiné d'une densité de 1,100, le polarimètre donne 100°; en d'autres termes, le sucre analysé contient 100 % de sucre. Mais, si l'on essaie dans les mêmes conditions un liquide de même densité et renfermant à côté du sucre d'autres matières solides, l'appareil ne marquera plus 100 % mais 70 % par exemple, et la différence 100 — 70 ou 30 % représente la quantité de sels étrangers qui accompagnaient le sucre. La méthode de Ventzke fournit donc imédiatement et très-simplement cette proportion de sels, et c'est un renseignement indispensable, car la formation de la mélasse et le rendement en sucre cristallisé dépendent étroitement de la proportion des sels étrangers. Souvent, mais à tort, on se dispense de recourir à l'emploi de l'aréomètre; on préfère peser directement la matière à analyser et l'étendre de manière à avoir une dissolution d'un volume de 100^{cc}. Si l'on avait à faire à du sucre absolument privé d'eau, cette méthode serait certainement la plus simple: il suffirait de déterminer comme plus haut le taux % de sucre, et la différence à 100 donnerait immédiatement la quantité de sels étrangers. Ainsi, un sucre complètement anhydre, qui marque 98°,2 au polarimètre, contient évidemment 100 — 98,2 ou 1,8 % de sels étrangers. Mais il n'en est plus de même si la substance analysée renferme de l'eau. Quand on connait la proportion de sucre, ce qui manque pour aller à 100 comprend à la fois les sels étrangers et l'eau. Ainsi, pour un sucre titrant 94,5 % de richesse saccharine, comment déterminer la proportion des sels et de l'eau dans les 5,5 % qui manquent? On sait, il est vrai, que, dans un sucre marchand, la quantité d'eau ne varie guère qu'entre 1½ et 3 %. Par suite, on

peut en déduire indirectement et d'une manière approchée la proportion des sels étrangers, mais on est hors d'état d'affirmer l'exactitude du résultat. Le seul moyen d'y arriver consiste dans la détermination de la densité du liquide contenant un poids connu de substance à analyser, ce qui revient à déterminer directement la proportion de sels. Et d'ailleurs, s'il est déjà difficile de déterminer sans un essai aréométrique la valeur d'un sucre qui ne contient qu'une faible proportion d'eau, combien plus grande est l'incertitude s'il s'agit d'analyser les autres produits de fabrication, les sirops, les mélasses, les jus, dans lesquels la proportion des sels et de l'eau est beaucoup plus forte, et varie d'une matière à l'autre dans des limites beaucoup plus étendues. Je veux bien que l'aréomètre ne donne pas un moyen d'analyse parfaitement exact, que la présence de 1 % de sels se traduira par une densité plus forte qu'un % de sucre, et représentera par exemple 1°. 1/4 au lieu de 1 ° à l'aréomètre centésimal, que l'instrument n'accusera par suite qu'une proportion de sels toujours trop faible (dans le rapport de 10 à 8 pour les jus, par exemple); encore faut-il reconnaître pourtant que l'approximation donnée par la densité est parfaitement suffisante pour tous les cas de la pratique, et ce sont les seuls que nous ayons en vue. Dans une usine, ce n'est pas tant une composition absolument exacte des produits qu'il s'agit d'obtenir, qu'une approximation permettant de comparer entre eux des produits similaires. Or, c'est ce résultat que fournit l'aréomètre. Comme nous l'avons déjà dit, on compare des produits de même provenance, traités dans les mêmes conditions, au point de vue de la proportion relative de sucre et de sels étrangers; quand même le chiffre exact de chacun des éléments reste inconnu dans les produits que l'on analyse, le résultat de la comparaison peut être exact, car la différence entre la teneur réelle et la teneur apparente en sucre reste sensiblement la même dans les deux cas, et affecte les analyses d'erreurs qui se compensent mutuellement.

La pratique a en effet démontré que, si la nature des sels peut varier dans des matières sucrées similaires, il est néan-

moins toujours possible de trouver une valeur moyenne applicable à tous les cas, et sensiblement exacte, du rapport entre la quantité réelle de ces sels et la proportion accusée par l'aréomètre. C'est du reste ce qui a été confirmé par de nombreuses analyses comparatives sur ces matières.

Dans la méthode de Ventzke, on ramène toujours le liquide soumis à l'essai à une densité ou un degré aréométrique constant. Par suite, on connait à la fois la proportion de sucre et celle des sels, et cela par le procédé le plus simple et le plus pratique.

Toutefois, il serait peut-être plus commode de prendre comme densité du liquide normal un chiffre plus faible que celui de Ventzke, 1,05 par exemple, qui correspond à 12,403 % de l'aréomètre de Balling ou approximativement à 7° Baumé. Ce chiffre se prète parfaitement, comme nous l'avons déjà dit, à tous les essais de jus dans la fabrication; il suffit d'étendre les substances à analyser d'une quantité d'eau plus ou moins grande.[1] Or, cette addition d'eau est beaucoup

---

1) Comme nous l'avons vu, la méthode de Ventzke donne à la fois les taux % absolus et relatifs du jus. On peut déterminer ces deux éléments d'une manière tout aussi exacte et souvent plus commode, sans ramener la matière à une densité invariable de 1,10 par une évaporation toujours délicate. Il suffit de dissoudre la substance à analyser dans un certain nombre de fois son poids d'eau, s'il s'agit de sucres bruts, de sirops, et de prendre à l'aréomètre le degré de la solution. Si l'on analyse du jus, on prend directement sa densité sans l'étendre d'eau. On obtient de la sorte par la densité, soit directement, soit par une multiplication simple, la teneur de la substance en matières solides. La différence entre ce chiffre et le degré polarimétrique obtenu en essayant une liqueur renfermant 26 grammes de la substance sur 100^{cc} représente la proportion des sels étrangers. Une simple division donne d'ailleurs le quotient de richesse relative, c'est-à-dire le rapport du sucre au poids total des substances solides.

Exemples: 1°, Supposons que l'on veuille connaître la quantité de sucre et le rapport du sucre aux matières solides dans un sucre brut. On dissout l'échantillon dans sept fois son poids d'eau, on essaie la solution à l'aréomètre de Balling, et l'on trouve à 17°,5 centig., $12\frac{1}{4}$ Balling pour la densité. Si la solution étendue au huitième contient $12\frac{1}{4}$ % de matières solides, l'échantillon renfermait 8 fois plus soit 98 %. D'autre part, on prépare avec la même substance une solution demi-normale de Ventzke (13 grammes dans 100 cent. cubes). On polarise après décoloration par le noir, et on trouve au polarimètre 46°,5. L'échantillon renferme donc $46{,}5 \times 2$ ou 93 % de sucre pur. La proportion des sels étrangers et par suite $98 - 93$ ou 5 %, et l'on a, pour la composition de la matière essayée:

plus facile sans contredit que la concentration des jus, notamment de ceux de la râpe, jusqu'à 23,7 % Brix ou 13° Baumé. A cet effet, le jus est placé dans une éprouvette verticale et additionné d'eau jusqu'à ce que l'aréomètre affleure à la division 1,10 ou 1,05 suivant les cas, à la température normale.

---

93 % de sucre pur
5 % de sels étrangers
100 — 98 = 2 % d'eau
Sur 100 % de sucre brut. Le quotient de richesse saccharine est donc $\frac{93}{98} \times 100 = 94,89$.

2°, Si l'on a à analyser une masse cuite, on l'étend de trois fois son poids d'eau; la solution ainsi obtenue donne $22^1/_4$ degrés Balling à l'aréomètre, à 17°,5 centigrades; par suite, l'échantillon analysé renfermait $22^1/_4 \times 4$ soit 89 % de substances solides. 13 grammes de la même matière dissous dans 100^{cc} et décolorés par le noir donnent à l'essai polarimétrique 40°,5 de Ventzke. La masse cuite renfermait donc $40,5 \times 2 = 81$ % de sucre pur. Les sels étrangers représentaient 89 — 81 soit 8 % et on a pour la composition analytique:

81 % de sucre pur
8 % de sels étrangers
100 — 89 = 11 % d'eau
Sur 100 % de masse cuite: quotient de richesse $\frac{81 \times 100}{89} = 91,01$.

3°, Un jus de betteraves marque 14°,5 Balling il contient donc sur 100 gr. 14^g,5 de substances solides. On prend 3 fois 26 gr. ou 78 gr. de ce jus; on les étend d'eau pour ramener à 100^{cc}; on ajoute 10^{cc} de sous-acétate de plomb, et on filtre: le liquide donne au polarimètre 37°,12, ce qui, divisé par 3, (puisqu'on a pris 3 fois la dose normale de substance), donne, pour la teneur en sucre 12 gr., 37 %; par suite, les sels étrangers représentent 14,5 — 12,37, soit 1,13 %, et l'on a comme composition:

12,37 % de sucre pur
1,13 % de sels étrangers
100 — 14,5 = 85,5 % d'eau
Sur 100 % de jus. Le quotient de richesse est $\frac{12,37 \times 100}{14,5} \times 85,31$.

Il importe d'ailleurs de ne pas oublier, si l'on veut se rendre un compte exact de la valeur des méthodes d'analyse qui précèdent, que l'aréomètre indique seulement la teneur *apparente* en substances solides, qu'en combinant son emploi avec celui du polarimètre on obtient seulement le quotient *apparent* et non le quotient *réel*. — La différence entre ces quantités a déjà fait l'objet de plusieurs remarques, (voir page 577). Nous avons constaté d'ailleurs que le quotient appa-

Comme il est souvent difficile d'arriver exactement à cette température, et que la densité dépend du degré thermométrique, Ventzke a dressé une table dans laquelle on trouve, pour chaque température, la densité que doit avoir la dissolution normale:

---

rent était suffisant pour presque tous les cas de la pratique, notamment pour comparer la valeur des diverses méthodes de fabrication, pour évaluer le rendement d'une matière première, pour déterminer le prix commercial d'un sucre brut, etc.

On doit remarquer ici que l'on peut se dispenser d'observations aréométriques dans toutes les analyses qui précèdent en pesant directement 100^{cc} de la dissolution normale préparée pour l'essai polarimétrique. Du poids trouvé on déduit la densité et, à l'aide de la table de corrélation, la teneur en substances solides. Cette teneur permet de calculer comme plus haut le rapport qui existe entre le sucre et les sels. Partout où l'on peut faire des pesées exactes, on a avantage à employer cette méthode, car les erreurs de pesée sont beaucoup moins grandes que les erreurs dans la lecture de l'aréomètre, surtout si l'on n'opère pas sur des quantités de liquide trop faibles.

Nous avons cherché à comparer l'approximation obtenue dans les deux méthodes. Nous avons repris la masse cuite dont l'analyse par l'aréomètre a été donnée plus haut sous le numéro 2: après avoir ramené 26 grammes de la substance à un volume de 100^{cc}, on pesa exactement la dissolution obtenue: le poids du liquide fut trouvé de $108^{gr},90$. Sa densité était donc 1,089 et, d'après la table de corrélation, 100 parties en poids du liquide contenaient 21,90 % de substance solide. (Cette teneur est évidemment la teneur apparente et suppose que tous les sels aient la même densité que le sucre). Par suite, 100 grammes de solution contenant $21^{gr},25$ de substance solide, les $108^{gr},9$ analysés contenaient $\frac{108,9}{100} \times 21,25$ ou $23^{gr},14$ de matière solide. La masse cuite renfermait donc sur 26 gr., $23^{gr},14$ de matière solide ou 89 %. C'est le chiffre qu'on avait déjà trouvé dans l'essai numéro 2. La solution marquait au polarimètre de Ventzke $80^{o},{}^{3}/_{4}$; par suite, la masse cuite analysée contenait $80^{3}/_{4}$ % de sucre pur soit très-sensiblement le chiffre déjà donné. Il est toutefois assez rare que les deux modes d'analyse donnent comme ici des résultats identiques Il va de soi que dans la méthode des pesées directes, on n'a à préparer qu'une seule liqueur normale qui sert à la fois et pour l'essai polarimétrique et pour le calcul de la densité.

Degrés centigrades.	Densité.	Degrés centigrades.	Densité.	Degrés centigrades.	Densité.	Degrés centigrades.	Densité.
9	1,1018	14½	1,1007	20	1,0994	25½	1,0980
9½	1,1017	15	1,1006	20½	1,0993	26	1,0978
10	1,1016	15½	1,1005	21	1,0992	26½	1,0976
10½	1,1015	16	1,1004	21½	1,0990	27	1,0975
11	1,1014	16½	1,1003	22	1,0989	27½	1,0974
11½	1,1013	17	1,1002	22½	1,0988	28	1,0972
12	1,1012	17½	1,1000	23	1,0987	28½	1,0970
12½	1,1011	18	1,0999	23½	1,0985	29	1,0968
13	1,1010	18½	1,0998	24	1,0984	29½	1,0966
13½	1,1009	19	1,0996	24½	1,0982	30 .	1,0964
14	1,1008	19½	1,0995	25	1,0981		

S'il se trouvait que, pour une température donnée, on ne fût pas arrivé à ramener le liquide exactement à la densité indiquée dans le tableau ci-dessus, on devrait noter exactement la différence entre la densité réelle donnée par l'aréomètre et celle qu'aurait dû avoir le liquide. Après l'essai polarimétrique, on aurait à corriger le chiffre donné par le polarimètre en se servant de la table ci-après:

Taux % de sucre au polarimètre.	Différence aréométrique en degrés (millièmes).									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
100	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
99	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,59	0,69	0,79	0,89	0,99
98	0,10	0,20	0,29	0,39	0,49	0,59	0,69	0,78	0,88	0,98
97	0,10	0,19	0,29	0,39	0,49	0,58	0,68	0,78	0,87	0,97
96	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48	0,58	0,67	0,77	0,86	0,96
95	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48	0,57	0,67	0,76	0,86	0,95
94	0,09	0,19	0,28	0,38	0,47	0,56	0,66	0,75	0,85	0,94
93	0,09	0,19	0,28	0,37	0,47	0,56	0,65	0,74	0,84	0,93
92	0,09	0,18	0,28	0,37	0,46	0,55	0,64	0,74	0,83	0,92
91	0,09	0,18	0,27	0,36	0,46	0,55	0,64	0,73	0,82	0,91
90	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,90
89	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,53	0,62	0,71	0,80	0,89
88	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,53	0,62	0,70	0,79	0,88
87	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61	0,70	0,78	0,87

Taux % de sucre au polarimètre.	Différence aréométrique en degrés (millièmes).									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
86	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43	0,52	0,60	0,69	0,77	0,86
85	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43	0,51	0,60	0,68	0,77	0,85
84	0,08	0,17	0,25	0,34	0,42	0,50	0,59	0,67	0,76	0,84
83	0,08	0,17	0,25	0,33	0,42	0,50	0,58	0,66	0,75	0,83
82	0,08	0,16	0,25	0,33	0,41	0.49	0,57	0,66	0,74	0,82
81	0,08	0,16	0,24	0,32	0,41	0,49	0,57	0,65	0,73	0,81
80	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80
79	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,47	0,55	0,63	0,71	0,79
78	0,08	0,16	0,23	0,31	0,39	0,47	0,55	0,62	0,70	0,78
77	0,08	0,15	0,23	0,31	0,39	0,46	0,54	0,62	0,69	0,77
76	0,08	0,15	0,23	0,30	0,38	0,46	0,53	0,61	0,68	0,76
75	0,08	0,15	0,23	0,30	0,38	0,45	0,53	0,60	0,68	0,75
74	0,07	0,15	0,22	0,30	0,37	0,44	0,52	0,59	0,67	0,74
73	0,07	0,15	0,22	0,29	0,37	0,44	0,51	0,58	0,66	0,73
72	0,07	0,14	0,22	0,29	0,36	0,43	0,50	0,58	0,65	0,72
71	0,07	0,14	0,21	0,28	0,36	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71
70	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70
69	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,41	0,48	0,55	0,62	0,69
68	0,07	0,14	0,20	0,27	0,34	0,41	0,48	0,54	0,61	0,68
67	0,07	0,13	0,20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,54	0,60	0,67
66	0,07	0,13	0,20	0,26	0,33	0,40	0,46	0,53	0,59	0,66
65	0,07	0,13	0,20	0,26	0,33	0,39	0,46	0,52	0,59	0,65
64	0,06	0,13	0,19	0,26	0,32	0,38	0,45	0,51	0,58	0,64
63	0,06	0,13	0,19	0,25	0,32	0,38	0,44	0,50	0,57	0,63
62	0,06	0,12	0,19	0,25	0,31	0,37	0,43	0,50	0,56	0,62
61	0,06	0,12	0,18	0,24	0,31	0,37	0,43	0,49	0,55	0,61
60	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60
59	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,35	0,41	0,47	0,53	0,59
58	0,06	0,12	0,17	0,23	0,29	0,35	0,41	0,46	0,52	0,58
57	0,06	0,11	0,17	0,23	0,29	0,34	0,40	0,46	0,51	0,57
56	0,06	0,11	0,17	0,22	0,28	0,34	0,39	0,45	0,50	0,56
55	0,06	0,11	0,17	0,22	0,28	0,33	0,39	0,44	0,50	0,55
54	0,05	0,11	0,16	0,22	0,27	0,32	0,38	0,43	0,49	0,54
53	0,05	0,11	0,16	0,21	0,27	0,32	0,37	0,42	0,48	0,53
52	0,05	0,10	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	0,42	0,47	0,52
51	0,05	0,10	0,15	0,20	0,26	0,31	0,36	0,41	0,46	0,51
50	0,05	0 10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
49	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49
48	0,05	0,10	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	0,38	0,43	0,48
47	0,05	0,09	0,14	0,19	0,24	0,28	0,33	0,38	0,42	0,47
46	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,28	0,32	0,37	0,41	0,46
45	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36	0,41	0,45

L'usage de cette table est facile à saisir: on cherche dans la première colonne verticale le chiffre correspondant au degré polarimétrique trouvé, et on suit l'horizontale jusqu'à la rencontre avec la ligne correspondant à la différence entre le degré aréométrique trouvé et le degré normal.

Si, par exemple, l'essai au polarimètre a donné 64 % et que la différence aréométrique des densités soit 1,4, on suivra l'horizontale 64 jusqu'à la rencontre avec la colonne verticale commençant par 1,4. Le chiffre que l'on trouve ainsi, 0,9, doit être ajouté au taux % de sucre trouvé si la densité réelle était plus faible de 1°,4 que la densité normale. Il devrait être retranché si le liquide essayé avait une densité plus grande que la densité normale. Le résultat sera donc après correction 64,9 ou 63,1 % de sucre sur 100 de matières solides.

On peut d'ailleurs se dispenser de faire usage de la table qui précède en recourant à un calcul très-simple, il suffit de multiplier le taux % trouvé au polarimètre par la différence aréométrique et de diviser par 100. Le résultat est ajouté ou retranché suivant les cas au taux % fourni par l'observation directe. Ainsi, dans l'exemple cité plus haut, on trouverait $\frac{64 \times 1,4}{100} = 0,896$ ou 0,9 en nombres ronds, ce qui donnerait pour le taux de sucre 64,9 ou 63,1, ainsi que nous l'avions déjà trouvé à l'aide de la table.

On procède aux essais polarimétriques avec l'appareil de Ventzke exactement comme avec l'appareil de Soleil; le nombre des degrés fournis par l'instrument (augmenté s'il y a lieu de son dixième) donne le taux % de sucre sur 100 parties de substances solides. Toutefois, les deux instruments diffèrent par l'échelle. Dans le polarimètre de Ventzke les divisions sont de 10 en 10° et chaque intervalle correspond à 10 %. On se sert pour la lecture et comme repére du zéro du vernier. Si, par exemple, le zéro doit étre après la sixième division de l'échelle pour donner un spectre normal, on en conclut d'abord qu'il y a 60 % de sucre. Pour avoir les unités, on suit de l'œil les divisions du vernier jusqu'à ce qu'on en trouve une

qui coïncide avec une division de l'échelle. Cette division du vernier donne le chiffre des unités. Si, par exemple, le 4e trait du vernier coïncide avec une des divisions de l'échelle, on en conclut que le taux % de sucre est 64 %. Il est facile d'ailleurs de se rendre compte de cette manière d'opérer, puisque chaque division du vernier est les $^9/_{10}$es d'une division de l'échelle.

Les résultats que fournit le polarimètre sur la teneur en sucre d'une dissolution ne sauraient naturellement être exacts que si la liqueur ne contient, en dehors du sucre, aucune substance susceptible de dévier à droite le plan de polarisation de la lumière. Si ce cas se présentait, les résultats fournis par le polarimètre seraient trop forts. Si au contraire la liqueur renfermait une substance déviant à gauche le plan de polarisation, les indications de l'appareil seraient trop faibles.

Weiler a indiqué un procédé très-simple pour s'assurer que le taux % de sucre donné par le polarimètre est exact: ce procédé consiste à laisser la liqueur fermenter après l'essai; tout le sucre se détruit par la fermentation, et si l'on analyse de nouveau le liquide fermenté au polarimètre, il suffit de tenir compte comme correction des degrés qu'indique l'appareil.

L'expérience prouve que, dans le sucre de betteraves, on n'a pas à rédouter la présence de matières, autres que le sucre, déviant à droite le plan de polarisation. Mais on y rencontre souvent des substances déviant à gauche et, parmi ces matières, la plus commune est le sucre de fruits. Déjà, à propos de l'appareil de Soleil, nous avons indiqué comment, en procédant par l'inversion, on pouvait séparer ces substances en notant la déviation dans les deux sens du plan de polarisation.

Pour déterminer par polarisation dans les substances qui contiennent à la fois et du sucre cristallisable et du sucre de fruits, la proportion de chacun d'eux, Otto recommande de détruire le sucre de canne par les alcalis. Après avoir préparé une solution contenant le poids voulu de matière à analyser suivant la nature du polarimètre, on y ajoute de la soude,

ou mieux un fragment de potasse caustique, de façon que la liqueur devienne franchement alcaline; on chauffe jusqu'à l'ébullition ou jusqu'à une température voisine. La liqueur refroidie est neutralisée avec de l'acide acétique, ramenée à 100^{cc}, additionnée de $^1/_{10}$^{e} de sous-acétate de plomb et polarisée comme d'habitude. Le résultat de l'essai donne, après correction, la teneur en sucre cristallisable.

On a souvent à comparer les indications données par les trois appareils polarimétriques que nous avons décrits plus haut; il peut donc être utile de rappeler pour chacun d'eux la proportion de sucre dans 100^{cc} correspondant à une degré de chacune des échelles.

1° Mitscherlich	correspond à	0^{gr},75	de sucre dans 100^{cc}
1° Soleil	-	- 0^{gr},1635	- - - -
1° Ventzke	-	- 0^{gr},26048	- - - -

Ces chiffres permettent de comparer entre elles les valeurs d'un degré dans chacun des instruments:

1° Mitscherlich équivant à 4°,645 Soleil ou 2°,879 Ventzke,

1° Soleil équivant à 0°,215 Mitscherlich ou 0°,62 Ventzke,

1° Ventzke équivant à 1°,613 Soleil ou 0°,347 Mitscherlich.

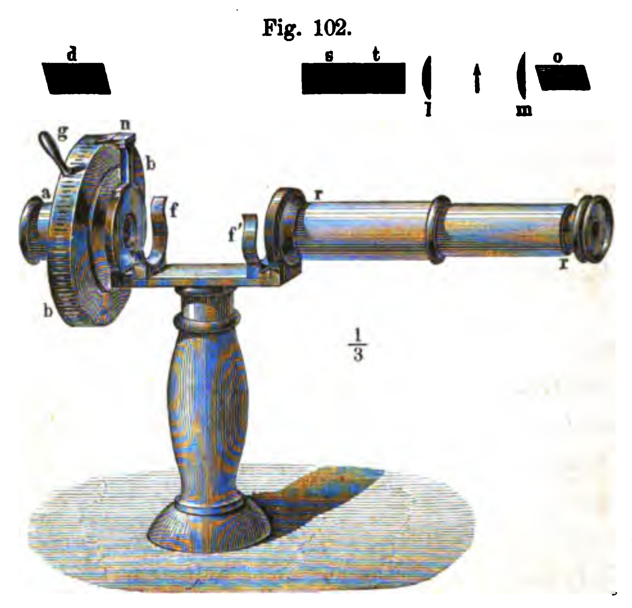
Les solutions normales sont, pour chaque appareil:

15^{gr}	de sucre dans 100^{cc} pour le polarimètre	Mitscherlich
16^{gr},35	- - -	Soleil
26^{gr},048	- - -	Ventzke.

[D'après ce que nous avons dit plus haut, on conçoit que tout procédé qui permet de déterminer la direction du plan de polarisation d'un rayon donné puisse servir de base à une méthode saccharimétrique; or les phénomènes d'interférence sont susceptibles de conduire d'une manière exacte et simple à cette détermination. Il résulte, en effet, de l'étude de ces phénomènes, que deux rayons polarisés interfèrent comme la lumière naturelle quand leurs plans de polarisation sont parallèles, et qu'ils ne donnent plus de franges lorsque ces plans sont per-

pendiculaires.] Telles sont les données sur lesquelles le professeur H. Wild a construit, pour mesurer le pouvoir rotatoire des corps, un instrument qui peut s'appliquer au dosage du sucre. La fig. 102 représente le petit modèle, et la fig. 103 le grand modèle du polarimètre de Wild.

Fig. 102.



Le tube *rr*, solidaire du pied de l'instrument renferme deux plaques de quartz, *s* et *t*, croisées et taillées sous une inclinaison de 45 degrés par rapport à leur axe optique; elles ont une épaisseur commune de $20^{m}/_{m}$. Les franges déliées qu'y produit la lumière polarisée sont observées à l'aide d'une petite lunette astronomique, d'un faible grossissement, et munie d'un réticule. Devant l'oculaire *m*, se trouve un prisme de nicol *o* dont le plan d'oscillation fait un angle de 45° avec les deux rayons sortant de *t*. Pour l'observation, le tube qui porte l'oculaire doit être tiré jusqu'au point où on voit nettement la croisée des fils du réticule. A l'autre extrémité de l'appareil est un tube *a* dont l'axe est exactement le prolongement de celui du tube *rr*; en *a* se trouve un second prisme de nicol *d*. L'enveloppe *a* est solidaire d'un disque *b* gradué sur sa circonférence, et que l'on peut faire tourner, au moyen d'une

manette g, en même temps que le nicol, autour de leur axe commun. La grandeur de la rotation se mesure à l'aide d'un vernier n.

Supposons que l'on ait placé le disque et son prisme de telle façon que le plan d'oscillation du nicol d soit parallèle à celui du Nicol o, ou à angle droit de celui-ci, les franges du système de plaques s et t paraîtront avec leur intensité maxima; par contre, elles s'éteindront complètement si l'on déplace le prisme d de 45° par rapport à cette position primitive, de telle sorte que le plan d'oscillation coïncide avec celui d'un des deux rayons dans la plaque de quartz S. Cette position du prisme de nicol d pour laquelle les franges du système de plaques s'éteignent complètement, nous la désignerons sous le nom de position d'origine. Si l'on fait tourner le disque b, et son nicol, seulement de quelques lignes à droite, ou à gauche de cette position, les franges apparaissent immédiatement, et prennent d'autant plus d'intensité que la rotation est plus prononcée. Maintenant, qu'on laisse le nicol dans la position d'origine: les franges redeviendront visibles si l'on interpose entre F et F' un tube renfermant un liquide doué de propriétés rotatoires; le plan de polarisation des rayons émergents du nicol O, a tourné d'un angle X, il faut donc faire tourner à son tour le nicol d d'un angle X, soit à droite, soit à gauche, pour obtenir de nouveau l'extinction des franges. Si la déviation du plan de polarisation a été un peu considérable, au-dessus de 5° par exemple, en employant la lumière blanche on ne parvient plus à éteindre complètement les franges, parceque la déviation du plan de polarisation n'est pas la même pour toutes les couleurs; dans ce cas, il faut recourir à la lumière monochromatique jaune, et le mieux est d'opérer dans une chambre noire avec une flamme de gaz d'éclairage, ou d'alcool, colorée en jaune par du chlorure de sodium. Toutefois on peut éviter cette difficulté en suivant le principe du compensateur de Soleil, en compensant la rotation due au liquide, par celle inverse d'une plaque de quartz d'épaisseur connue, de façon à ramener la déviation produite par le liquide au-

dessous de 5°. Dans ce but on devrait employer des combinaisons de plaques déviant alternativement à droite et à gauche, pour que l'épaisseur de la plaque, qui, en fin de compte, ramène la déviation au-dessous de 5°, ne soit pas trop considérable: il est clair que si l'on emploie ainsi 4 plaques déviant à droite, et 4 déviant à gauche, ayant chacune 1, 1,25, 1,50, 1,75 m/m, leur combinaison permettra de ramener une déviation de 40° à 5° seulement. De la sorte, la rotation primitive se déduira de la lecture de la rotation finale, et du nombre et de l'épaisseur des plaques auxiliaires interposées. Mais, dans la pratique cette compensation par des lames de quartz est un peu compliquée, et ne peut être employée que si la dispersion du liquide est exactement proportionnelle à celle du cristal de roche; il semble donc préférable, dans le cas où la déviation dépasse certaines limites, soit d'observer à travers une plaque de verre donnant de la couleur homogène rouge dont le plan de polarisation est rejeté le moins loin par la rotation, soit d'éclairer l'appareil avec la flamme monochromatique jaune. A cet effet, un verre rouge est fixé en avant de l'oculaire de façon à pouvoir être levé ou interposé à volonté.

La disposition du double quartz, pour être employée simultanément et avec exactitude pour la lumière blanche et la lumière homogène, a soulevé des difficultés notables. On aurait pu, pour ces deux modes éclairage, substituer un quartz simple à l'assemblage des deux lames, mais cette solution eût rendu le maniement de l'appareil moins commode. D'autre part, il fallait, pour des mesures exactes, reproduire la division du disque sur les 4 cadrans. Enfin, pour éliminer complètement la lumière diffuse qui fait obstacle à l'extinction complète des franges d'interférence, il fallait, ou bien que les tubes destinés à la liqueur d'essai fussent très-larges, ou bien que ces tubes fussent munis de diaphragmes qui en eussent rendu le nettoyage difficile. Ces inconvénients ont été évités, d'une part, en supprimant la lentille en face du nicol polariseur et la remplaçant par un tube, noirci au noir de fumée, de 60 m/m, et d'un autre côté, en substituant à la double plaque de quartz, une

double plaque de spath calcaire, et en disposant, pour l'observation, une lunette d'un plus fort grossissement, avec un objectif de plus grande largeur. Le spath calcaire, ayant une double réfraction plus forte, présente cet avantage que lés petites imperfections du clivage annulent d'elles mêmes les franges d'interférence, si nuisibles, qui se produisent avec la lumière homogène quand les sections principales des deux plaques ne sont pas exactement perpendiculaires.

Pour lire les positions de l'index sur le disque divisé, il fallait se lever chaque fois ce qui devenait une gène: On a donc transporté la division et l'index sur le plan du disque, et muni les petits appareils d'une loupe fixe, les grands appareils d'une lunette disposée de telle façon qu'on puisse viser à la fois l'index et la division sans quitter l'oculaire.

Le grand appareil, tel qu'on le construit aujourd'hui, (fig. 103) est composé d'une colonne en cuivre *F*, montée sur un trépied *E*, dans laquelle monte ou descend, à volonté, un tube en cuivre *G*, que l'on peut arrêter et fixer, à une hauteur donnée, au moyen d'une vis conique *I*. Le tube *G* porte à la partie supérieure le support *H* de l'instrument proprement dit qui est mobile, à frottement, dans le sens horizontal ou vertical. A l'une des extrémités du support, repose la pièce qui soutient le polariscope *A*; à l'autre, est fixée la pièce qui soutient le disque circulaire *K*. Le polariscope est composé d'une lunette astronomique, qui grossit 5 fois environ, dont l'objectif a 120 $^m/_m$ de champ. Devant l'objectif se trouve la double plaque de spath calcaire, et, au foyer, un diaphragme muni d'un réticule. La double plaque est formée de 2 plaques de spath de 3 $^m/_m$ d'épaisseur taillées suivant une inclinaison de 45° par rapport à l'axe optique, et croisées à angle droit de leur section principale. Entre l'oculaire mobile et l'œillère, est monté un prisme analyseur de nicol orienté de manière que sa section principale soit horizontale, et fasse, avec celle de la double plaque, un angle de 45°. Pour que cette relation de position normale ne puisse être dérangée, le porte oculaire est muni d'une tige de guidage, et le polariscope tout entier est pourvu d'un appen-

dice semblable qui passe dans le support de l'appareil. Un écran noirci *M*, placé près de l'oculaire, écarte de l'œil de l'observateur les rayons qui ne doivent pas pénétrer dans l'appareil. Un manchon *N* fixé sur le cercle *K* renferme le nicol polarisant monté dans une garniture métallique spéciale que l'on

Fig. 103.



peut fixer invariablement sur le manchon à l'aide de vis latérales. La même monture porte l'écran *D* avec des diaphragmes de 10 m/m de diamètres. Le disque circulaire peut tourner dans son manchon en même temps que le nicol à l'aide d'une roue dentée, et d'une vis sans fin qui engrène dans la roue; cette vis est prolongée par une tige *O* et l'opérateur peut la

commander à l'aide du bouton *C*. L'index qui sert à la lecture de la position du disque est monté à gauche sur le support de l'appareil. L'éclairage de la division se fait par le miroir métallique percé *S* fixé à l'extrémité de la lunette. La division est sur argent; sur l'un des côtés du disque elle va de 0 à 100 par $^1/_5$ de degré, de sorte qu'avec la lunette on peut observer, sûrement $^1/_{10}$ de degré, et même $^1/_{50}$, si l'on opère avec attention. Sur l'autre moitié, est une seconde division allant, dans les 2 sens, de 0 jusqu'à 400. Chaque division pour la lumière jaune de même réfrangibilité que la ligne *D* de Frauenhofer dans le spectre solaire, ou pour la lumière jaune émanant de la flamme des vapeurs sodées, correspond directement à la rotation du plan de polarisation déterminée par un gramme de sucre de canne dans un litre de dissolution; en supposant que le tuyau employé ait une longueur de 200 $^m/_m$, on peut donc lire directement 1 gramme, et apprécier un décigramme.

Entre le polariscope et le disque circulaire, se placent sur des supports particuliers, et sont maintenus par des ressorts, les tubes destinés à recevoir le liquide à analyser. Chaque instrument comporte un jeu de 3 tubes. L'un de 220 $^m/_m$ pour les solutions interverties, l'autre de 200 $^m/_m$ et le troisième de 100 $^m/_m$. Ces 2 derniers peuvent être, d'ailleurs ramenés, par des rallonges, à la longueur commune de 220 $^m/_m$.

Disposition et orientation de l'appareil. — Comme les solutions sucrées déterminent des déviations très-fortes du plan de polarisation, on doit, pour les dosages de ce genre, faire usage de la lumière jaune homogène, donnée par une lampe à esprit de vin ou à gaz en présence des combinaisons sodiques.

A cet effet, on commence par faire fondre à l'extrémité d'un fil de platine une perle de sel de Glauber; on fixe alors le fil sur son support, de façon que la perle se trouve à la partie inférieure de la flamme, et près du bord: on observe immédiatement la coloration jaune qui se maintient ainsi pendant des heures entières.

L'instrument est alors disposé devant la flamme. Pour annuler la lumière extérieure, on place un écran noir derrière

la flamme ou on assombrit toute la pièce. Mais, en même temps, comme la division doit toujours être très-nettement visible, au travers de la lunette *B*, il faut avoir soin de disposer l'appareil de sorte que la lumière du jour vienne frapper directement sur la division, ou vienne s'y réfléchir en tombant latéralement sur le miroir *S*. Par un temps sombre, on doit dans ce but entretenir une bougie allumée. En agissant sur le bouton *C*, on amène la partie du disque divisé *K*, qui a le point zéro, en son milieu; on met l'appareil vers la division 350, au-dessus, ou au-dessous du champ de visée. En regardant à travers le tuyau d'observation *A* ou doit voir un champ de vision jaune traversé par des lignes noires horizontales et dans lequel se détache le réticule. Si on ne voit pas nettement le réticule, on tire l'oculaire de la lunette pour la mettre au point. Si maintenant on agit sur le bouton *C* de manière à amener le zéro dans le champ de visée de la lunette, les franges horizontales que l'on aperçoit en *A* pâlissent peu à peu et enfin, d'un des côtés, apparait une bande blanche verticale qui, en continuant la rotation, traverse tout le champ de vision. On arrête la rotation quand le milieu de cette bande claire coïncide avec la croisée des fils du réticule; c'est la position qui correspond au point de départ de chaque expérience, de même que dans l'appareil de Soleil on part d'une coloration égale des 2 demi-disques.

Dosage de la teneur en sucre quand la dissolution ne renferme pas, en dehors du sucre de canne, d'autre substance active au polarimètre. — Après avoir disposé l'appareil comme il a été dit plus haut, on place le tuyau, de 200 $^{m}/_{m}$, vide, dans l'appareil; on cherche, comme nous l'avons indiqué, la position de l'index sur le cercle divisé: si l'instrument est bien établi, l'expérience bien faite, l'index doit être exactement au zéro de la division circulaire. Supposons que ce ne soit pas le cas, mais que l'index tombe, par exemple, au milieu de l'intervalle 4 et 5 au-dessus du trait *O*, la lecture correspondrait alors au point d'origine 4°,5. Maintenant, on remplit le tuyau de la dissolution sucrée, ou le place dans l'appareil, et des

franges se produisent. On cherche à les annuler par une nouvelle rotation dans un sens tel que les traits de la division circulaire paraissent aller de haut en bas dans le champ de la lunette: Supposons que la division correspondant à l'extinction des franges colorées soit 177,8, si le point d'origine obtenu par l'expérience à vide est bien O, ce nombre donne directement le nombre de grammes de sucre renfermés dans 1 litre de la dissolution employée; si au contraire le point d'origine était à 4°,5, il faudrait retrancher ce chiffre du précédent, le dosage serait dans ce cas 177,8 — 4,5, soit 173,3 gr. de sucre par litre. Si enfin la lecture à vide avait donné 4,5 au-dessous de zéro, il faudrait l'ajouter, on aurait 177,8 + 4,5 = 182,3 gr. de sucre par litre.

Détermination de la teneur en sucre quand la dissolution contient outre le sucre de canne, du sucre interverti. — On remplit le tube de 200 m/m de longueur, avec la dissolution naturelle, celui de 220 m/m avec un liquide obtenu de la manière suivante: on prend 50cc de la dissolution à analyser, on y ajoute 5cc d'acide chlorhydrique fumant, on fait chauffer pendant dix minutes à la température de 70° au bain-marie, puis on laisse revenir à la température ambiante. Comme on le sait, on transforme ainsi le sucre de canne en sucre interverti. Si l'on pose d'abord le tube de 200 m/m dans l'appareil on devra faire tourner, à partir du zéro, de haut en bas, pour déterminer l'extinction des franges; il faudra faire tourner de bas en haut avec le tube de 220 m/m pour obtenir le même résultat. Supposons que l'expérience ait donné avec le tube de 200 m/m 177,8, que par contre on ait trouvé 47,5 de rotation inverse avec le tube de 220 m/m, et que la température de ce dernier liquide soit de 16° centigrades, la teneur vraie en sucre de canne pur s'obtiendra facilement, à l'aide de ces données et de la table ci-après, de la manière suivante:

Degrés de température.	Somme des angles.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,719	1,438	2,157	2,876	3,595	4,314	5,033	5,752	6,471
11	0,722	1,444	2,166	2,888	3,614	4,332	5,054	5,776	6,502
12	0,725	1,449	2,175	2,898	3,624	4,350	5,073	5,796	6,522

Degrés de température	Somme des angles.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	0,727	1,454	2,181	2,908	3,635	4,362	5,089	5,816	6,543
14	0,730	1,460	2,190	2,920	3,650	4,380	5,110	5,840	6,570
15	0,733	1,465	2,199	2,930	3,664	4,398	5,129	5,860	6,594
16	0,735	1,470	2,205	2,940	3,675	4,410	5,145	5,880	6,615
17	0,738	1,475	2,214	2,950	3,689	4,428	5,164	5,900	6,639
18	0,740	1,480	2,220	2,960	3,700	4,440	5,180	5,920	6,660
19	0,743	1,486	2,229	2,972	3,715	4,458	5,201	5,944	6,687
20	0,746	1,492	2,238	2,984	3,730	4,476	5,222	5,968	6,714
21	0,749	1,498	2,247	2,996	3,745	4,494	5,243	5,992	6,741
22	0,752	1,504	2,256	3,008	3,760	4,512	5,264	6,016	6,768
23	0,755	1,509	2,265	3,018	3,774	4,530	5,283	6,036	6,792
24	0,757	1,514	2,271	3,028	3,785	4,542	5,299	6,056	6,813
25	0,760	1,520	2,280	3,040	3,800	4,560	5,320	6,080	6,840

On prend la somme des lectures sur le cercle divisé, pour le tube à liqueur naturelle, et pour le tube à liqueur intervertie; soit ici 225,3: le tableau qui précède, pour chacun des nombres de 1 à 9 de ce total, et sur la ligne horizontale correspondant à la température observée, donne, en grammes, le poids de sucre de canne contenu dans un litre de dissolution. Par exemple, pour le total 225,3 et la température de 16° centigrades, on aura:

pour	$200 = 2 \times 100$	147,00
-	$20 = 2 \times 10$	14,70
-	5	3,57
-	$0,3 = 3 \times 0,1$	0,22
Total	225,3	165,59

La liqueur essayée contenait donc 165gr,59 de sucre de canne par litre.

[Le saccharimètre si rationnel et si simple, autrefois employé par Biot, et auquel nous avons précédemment consacré quelques lignes, a subi, tout récemment une importante modification qui consiste essentiellement dans la substitution d'une image obscure à l'image colorée de l'ancien appareil et qui, tout en laissant à l'appareil sa simplicité primitive, fait bénéficier l'opérateur des principaux avantages de l'instrument com-

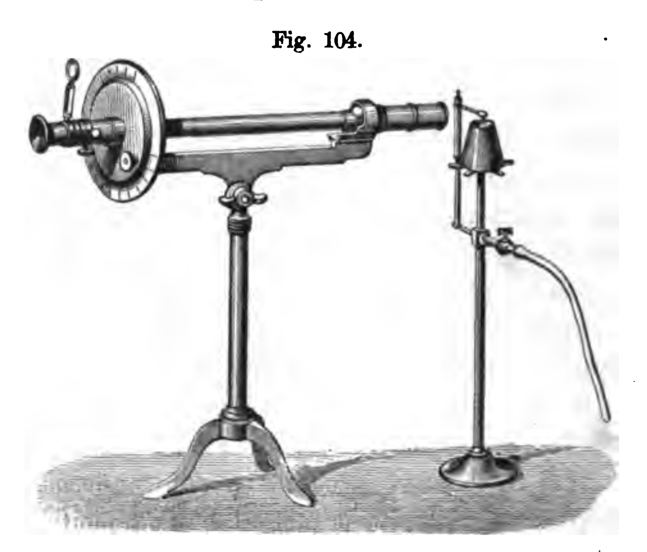
pliqué de Soleil. S'inspirant des résultats obtenus par Soleil au moyen de la plaque à deux rotations, M. Jellett, de Dublin, a imaginé une disposition ingénieuse qui permet de produire deux images accolées, dont on peut comparer exactement, non plus la coloration, mais le degré d'intensité, et, pour éviter les erreurs dues à la fatigue inhérente à l'observation des phénomènes lumineux, on a choisi comme point de comparaison, le minimum d'intensité. Cet effet, remarquable peut s'obtenir de la manière suivante:[1] Si dans un prisme de Nicol on coupe à droite et à gauche de la section principale, à partir de son extrêmité inférieure, deux lames prismatiques de 2° 30′, et si l'on rapproche les deux moitiés, la section principale sera brisée suivant, deux lignes qui sont chacune à 87° 30′ de la verticale. Si l'on emploie un tel prisme comme polariseur, on conçoit que le rayon polarisé est divisé en deux faisceaux, et que l'extinction de lumière produite par le croisement des sections principales n'a plus lieu pour les deux moitiés à la fois; mais les deux faisceaux se trouvent éteints au même degré quand la section principale de l'analyseur est perpendiculaire à la bissectrice de l'angle que font entre eux les plans de polarisation de ces deux faisceaux. L'œil saisit très-exactement et sans fatigue l'instant précis où les deux pénombres du disque d'observation sont de même obscurité.

Telle est l'origine du saccharimètre à pénombres dont l'usage commence à se répandre en France. La fig. 104 donne une idée générale des dispositions de cet appareil auquel Mr. Dubosq a su donner toute la précision désirable. En avant de l'appareil se trouve le prisme de Jellett; en arrière est l'analyseur solidaire du disque gradué sur lequel se lit la rotation du plan de polarisation. Le disque porte deux graduations; d'une part la division centésimale telle qu'elle existe dans l'appareil de Soleil, d'autre part la rotation angulaire, par degrés et minutes. Le mouvement rotatoire du disque, et par suite de l'analyseur, s'obtient facilement au moyen d'un bouton à

1) Maumené, Journal des fabricants de sucre.

crémaillère. Nous ne reviendrons pas sur les manipulations déjà décrites qui s'appliquent sans changement au nouveau polarimètre: toutefois, l'emploi de la lumière monochromatique

Fig. 104.



jaune fournie par une flamme sodée est ici de rigueur. En introduisant un fil de platine imprégné de chlorure de sodium fondu dans la flamme du gaz brûlant bleu, ou dans la flamme chaude et peu éclairante produite par un mélange d'alcool et d'essence de térébenthine, on obtient une lumière tout à fait convenable pour ce genre d'observations].

[Quel que soit l'appareil que l'on emploie, les analyses polarimétriques comportent un certain nombre d'erreurs et d'inexactitudes sur lesquelles il nous paraît utile d'appeler l'attention, parce qu'elles peuvent infirmer les résultats d'une manière très-sensible, si l'opérateur ne met tous ses soins à les éviter ou du moins à les resserrer dans les limites étroites du minimum.

Ces erreurs [1] sont de trois sortes, et peuvent être groupées en trois classes différentes, suivant qu'elles sont inhérentes à la méthode d'investigation elle-même, qu'elles proviennent de l'instrument, ou qu'elles sont le fait de l'observateur.

---

1) Nous empruntons ces renseignements à un excellent article publié en Mai 1872 dans la revue de Kohlrausch.

Erreurs dues à la méthode d'investigation. — Le pouvoir spécifique de rotation du sucre chimiquement pur n'est pas connu assez exactement; en effet, la quantité de sucre qui détermine, dans le plan de polarisation de la lumière, la même rotation qu'une plaque de quartz de 1 m/m d'épaisseur serait, d'après Clerget, 16gr,471, d'après Dubosq et Soleil, 16gr,350, d'après Wild, 16gr,315: le chiffre de Dubosq et Soleil est généralement adopté par les opérateurs qui font usage de leur polarimètre; il a du moins le mérite d'être la moyenne des deux autres.

Dans la méthode de Ventzke, on dissout le sucre dans une quantité d'eau telle que la dissolution ait, à la température de 17°,5, une densité constante de 1,100. Comme Ventzke prend pour base de ses calculs la densité d'une solution sucrée chimiquement pure, il est clair que sa méthode doit donner des résultats inexacts quand on l'applique à des solutions impures: le chiffre de lecture est trop faible quand les substances étrangères ont une densité supérieure à celle du sucre; on note au contraire une déviation trop forte, quand ces substances sont moins denses que le sucre. En fabrique, c'est le premier cas qui se présente le plus fréquemment; il en résulte que la méthode de Ventzke donne en général des résultats trop faibles: en employant des liqueurs d'épreuves, on a pu mettre en évidence des erreurs de 2,5 % de sucre; dans un cas particulier, l'erreur diminuait de 13 % la proportion de sucre et avantageait de la même quantité la proportion de sel marin. En travail courant, l'erreur est en moyenne de 1 à 1,5 %.

D'autre part, comme il est facile de le voir, à mesure que l'épuration des jus élimine les matières organiques, qui sont les impuretés les moins denses, l'erreur va en croissant. La méthode la plus rigoureuse est donc celle de Soleil, par pesée.

La mauvaise détermination du zéro de l'échelle, le serrage exagéré des glaces qui ferment le tube, un échauffement inégal de l'appareil résultant du voisinage prolongé de la lampe, le changement de température du liquide à analyser entre la déter-

mination de la densité et l'opération polarimétrique, constituent autant de causes d'erreur qu'il est important d'écarter.

Le mélange imparfait de l'acétate de plomb employé pour clarifier la liqueur d'essai peut encore amener une contraction de cette liqueur, et conduire par suite à des résultats trop forts. Dans le même ordre d'idées nous signalerons ce fait que la densité du sucre prise directement est 1,513 tandisque celle du sucre en dissolution dans l'eau est 1,859: cette différence énorme met bien en évidence que dans l'acte de la dissolution du principe sucré il se produit des variations de volume dont il faut tenir compte.

Nous avons vu que la présence des terres alcalines réagit sur l'effet de polarisation des sucres bruts ou intervertis d'une manière qui n'est pas suffisamment connue: ainsi, les observations sur l'influence qu'exerce la chaux en dissolution sur le sucre, au point de vue polarimétrique, sont loin d'être concordantes. En effet, 1 partie de chaux annule, au saccharimètre, 0,79 de sucre (d'après Dubrunfaut), 1,22 (d'après Stammer), 0,642 (d'après Jodin); Bodenbender qui avait trouvé 0,99 a donné depuis 1,12 comme moyenne de douze expériences desquelles il semblerait résulter que l'influence de la chaux est proportionnelle à la teneur même, en chaux, des liquides essayées. Ce dernier expérimentateur a institué de nombreux essais pour déterminer l'influence comparée de la chaux, de la strontiane et de la baryte sur le pouvoir rotatoire du sucre. Il admet que 1 partie de chaux annulant au saccharimètre 1,12 (en poids) de sucre, la diminution dans le pouvoir rotatoire, du fait de la baryte, est moindre à poids égal: 1 partie de baryte annule seulement 0,426 de sucre. La strontiane a des propriétés intermédiaires: 1 partie de cette base annule 0,597 de sucre. Le pouvoir rotatoire reparait d'ailleurs dans son entier si l'on sature les bases par l'acide acétique. En comparant les quantités de sucre annulées par des poids égaux de ces bases, avec leur poids atomique, on trouve des relations très-nettes qui se rattachent à des nombres inverses des poids atomiques; ainsi, soit 1,12 la quantité de sucre annulée par 1 de chaux, une partie

de baryte correspondrait à une annulation de 0,410, d'après la relation $\frac{76,5}{28} = \frac{1,12}{0,410}$, nombre très-peu différent de 0,426 qui résulte des expériences. De même, la strontiane donne 0,605 par le calcul, et 0,597 expérimentalement. On peut déduire de ces faits que des poids atomiques égaux de terres alcalines annulent l'effet polarimétrique de poids égaux de sucre, soit 31,35, et, par suite, que la diminution du pouvoir rotatoire du sucre est ici la conséquence de la formation de combinaisons définies de sucre et de base. Le tableau suivant, contient les résultats de ces expériences.

Base en combinaison.		Sucre, en poids	
		expérience.	calcul.
1 partie en poids de	Chaux	1,12	—
	Baryte	0,426	0,410
	Strontiane	0,597	0,605
1 atome de	Chaux = 28	31,35	31,35
	Baryte = 76,5.	32,59	31,35
	Strontiane = 51,8	30,92	31,35

D'après Jodin, le pouvoir de rotation du sucre de fruits levogyre et du sucre de raisin dextrogyre est diminué aussi par la présence de la chaux: une dissolution qui contient, par centimètre cube, $0^{gr},0690$ de sucre de raisin dextrogyre et $0^{gr},098$ de chaux, donne une déviation droite de 33,3 au lieu de 50,7; une dissolution de sucre de fruits levogyre qui contient, par centimètre cube, 0,05 de sucre et 0,0064 de chaux, dévie à gauche de 63 au lieu de 106.

La présence des alcalis libres ou carbonatés diminue aussi la polarisation: Michaelis a trouvé que 1 partie de potasse caustique détruit l'effet de 0,47 à 0,63 de sucre; 1 partie de potasse carbonatée annule au saccharimètre de 0,1 à 0,4 de sucre. Dans une expérience faite sur un jus de défécation, $^1/_{11}$ du sucre existant se trouvait ainsi anéanti au point de vue polarimétrique.

Sostmann, en se fondant sur la propriété que possède le sucre de canne de donner avec les bases des combinaisons assez stables, ce qui le distingue nettement du sucre de raisin et du sucre de fruits, admet que le sucre de canne n'est pas modifié par les bases. Il a démontré que la différence entre le pouvoir de rotation du sucre pur et celui du sucre qui a été chauffé avec les alcalis disparait aussitôt que l'on opère la neutralisation de la liqueur par l'acide sulfurique; cette différence est du moins si réduite que l'on n'a pas à en tenir compte. L'action de la potasse et de la soude sur le pouvoir rotatoire du sucre de canne serait donc entièrement comparable à celle des terres alcalines.

Bases en combinaison.		Dans les solutions à 20 ou 25 % de sucre.	Dans les solutions à 10 % de sucre..	Dans les solutions à 5 % de sucre.
1. partie de	soude annule au saccharimètre	1,319-1,114	0,907	0,450
	potasse -	0,915	0,650	0,426
	c^te de soude -	0,254	0,093	—
	c^te de potasse -	0,185	0,143	—
1. atome de	soude -	41 partie de sucre.	28 partie de sucre.	14 partie de sucre.
	potasse -	43	30	20
	c^te de soude -	14	5	—
	c^te de potasse -	13	10	—

Il suit de ce tableau que les alcalis caustiques ou carbonatés annulent la polarisation proportionnellement à la concentration des liqueurs, ce qui explique, d'ailleurs, les divergences signalées par les chimistes. Les combinaisons peuvent être détruites par un excès d'acide carbonique; il se forme alors des bicarbonates qui n'ont aucune action sur le pouvoir rotatoire du sucre.

L'asparagine et son dérivé l'acide aspartique, sont une source d'erreurs par leurs propriétés polarimétriques. Scheibler a établi que, en présence de l'acide aspartique, la méthode par inversion ne peut donner que des résultats inexacts: Les solutions alcalines d'asparagine et d'acide aspartique dévient à droite

le plan de polarisation; les solutions acides de ces substances sont au contraire levogyres.

L'acide métapectique possède la propriété de dévier le plan de polarisation plus fort que le sucre, mais en sens inverse: 1. partie d'acide métapectique donne une rotation à gauche égale à celle que 1,33 de sucre donneraient à droite, et cet effet de polarisation persiste même après la neutralisation de l'acide. Mais, si l'on chauffe la liqueur contenant l'acide métapectique en présence d'un acide énergique, la déviation à gauche diminue, et reparait bientôt à droite avec une égale intensité. L'acide a, par ce fait, subi une transformation profonde, et devient sensible à la liqueur cuivrique; il s'est dédoublé en un sucre dextrogyre, et un acide nouveau, précipitable par les sels de plomb: ce dédoublement est tout à fait analogue à celui des glucosides. Les jus et les sirops contenant toujours de l'acide métapectique, la méthode par inversion ne doit jamais leur être appliquée. D'après Scheibler, 1 partie de sucre pectique produirait le même effet que 1,6 de sucre de canne.

L'alcool modifie le pouvoir rotatoire du sucre interverti: les expériences de Jodin ont montré que l'alcool diminue la déviation polarimétrique en ramenant la rotation à droite. Une dissolution aqueuse qui déviait de 28,8 à gauche ne dévia plus que de 19 quand on substitua l'alcool à l'eau. L'élévation de température diminue la déviation à gauche, des solutions aqueuses de sucre interverti, il en est de même pour les dissolutions alcooliques. On peut obtenir des dissolutions déviant à gauche quand elles sont froides, et devenant dextrogyres à une température plus élevée. D'après Jodin, c'est le sucre de fruits levogyre qui parait être modifié par l'alcool, tandis que la rotation de la partie dextrogyre du sucre interverti ne serait pas modifiée. La diminution du pouvoir rotatoire par l'alcool est fonction des quantités de sucre, d'eau et d'alcool, employées.

L'influence de la température sur le pouvoir rotatoire avait été déjà annoncée en 1842 par Mitscherlich: Ventzke et Dubrunfaut l'ont confirmée depuis, mais sans chercher à dégager

nettement la loi qui régit ce phénomène; c'est Clerget qui a, le premier, élucidé la question; il admet que $16^{gr},471$ de sucre à 0° dévient, à droite, de 100° à l'échelle polarimétrique, et de 44°, à gauche, après inversion: cette déviation est inversement proportionnelle à la température, et diminue de 0,5 par degré d'élévation de la température. Clerget a consigné ces résultats dans la table de correction dont tout le monde se sert, et qui a été refaite en prenant $16^{gr},350$ de sucre pour base. Tuchsmid a montré que les variations produites par la température dans le pouvoir rotatoire sont exclusivement dues à des changements, dans la densité du liquide.

On peut déduire de ce qui précède les deux lois suivantes: 1°, Le pouvoir rotatoire du sucre de canne pur est indépendant de la température. 2°, Pour le sucre interverti, la diminution du pouvoir rotatoire est proportionnelle à l'augmentation de température.

Quand on intervertit avec de l'acide chlorhydrique concentré, il arrive que, même en chauffant au bain-marie et en employant des dissolutions de sucre très-pur, la liqueur se colore, ce qui peut nuire à la netteté de l'essai polarimétrique; or, si l'on veut décolorer avec du noir, on enlève la partie du sucre qui a donné lieu à la coloration. L'acide sulfurique présente les mêmes inconvénients. D'après Brunner, l'acide oxalique est l'agent d'inversion le plus avantageux; il permet de pousser jusqu'à l'ébullition, et de chauffer au bain de sable.

Avec les sirops et les mélasses, le polarimètre ne peut donner que des résultats approchés, car ces substances contiennent, des impuretés qui dévient à gauche, et diminuent d'autant la teneur en sucre. L'inversion mène à des résultats plus inexacts encore, parceque l'acide chlorhydrique met en liberté comme nous l'avons vu, des acides organiques actifs. L'erreur dans le dosage, pour les sirops contenant 60 % de sucre est en moyenne de 2,5 % du poids du sucre.

D'après Haughton-Gill, l'acétate basique de plomb modifie le pouvoir rotatoire du sucre interverti au point de rendre les observations tout à fait inacceptables. 15^{cc} d'une dissolution de sucre interverti, étendus à 50^{cc} successivement avec de l'eau pure, avec

de l'eau et 2^{cc} de solution plombique, avec la dissolution plombique seule, ont donné à la lecture 28°,25, 24°,70 à gauche, puis 57°,0 à droite. Dans ce cas, la levulose seule est modifiée, le sucre dextrogyre ne l'est pas. Cette action sur la levulose n'est pas permanente; après acidulation on retombe sur la déviation primitive; elle ne saurait cependant s'expliquer par l'alcalinité de la liqueur, car ni la soude, ni l'ammoniaque, ne déterminent de semblables effets. On a proposé d'admettre qu'il se forme une combinaison, soluble, de levulose et de plomb, qui possèderait des propriétés dextrogyres. Pour se placer dans de bonnes conditions d'expérience, on peut saturer avec l'acide sulfureux qui sépare le plomb et décolore la liqueur, sans altérer le sucre à froid.

Le procédé d'extraction du jus exerce une influence notable sur les dosages optiques. Bodenbender a observé que le jus d'une même pulpe accusait au polarimètre une différence de 0,7 % suivant que la pulpe était pressée ou turbinée. Le saccharimètre accusait plus de sucre dans le premier cas que dans le second; la presse hydraulique donne un jus qui titre plus encore.

Quand on clarifie les solutions à essayer avec des clarifiants qui donnent un précipité, l'erreur est d'autant plus grande que le volume du précipité est plus considérable. Plusieurs chimistes, notamment M. Maumené, ont applé l'attention sur ce fait. D'habitude, on clarifie, comme nous l'avons vu, avec $\frac{1}{10}$ du volume de la liqueur à essayer, et on corrige la lecture au polarimètre en l'augmentant de $\frac{1}{10}$. Ce procédé n'est pas tout à fait exact. En effet, si l'on prend une fiole remplie de 100^{cc} de jus dans lequel le sucre est uniformément réparti, et si l'on y ajoute 10 cent. cubes d'acétate de plomb, on a 110 cent. cubes d'une liqueur trouble formée d'un corps solide et d'un liquide: le solide, de volume V, ne contient pas de sucre qui se trouve dans le liquide de volume V', et ces deux substances sont liées par la relation $V + V' = 110^{cc}$ la correction de $\frac{1}{10}$ ne serait rigoureusement exacte que si tout le sucre se trouvait uniformément réparti dans $V + V'$ ou si V

était assez petit pour être négligeable par rapport à V', car, en réalité, le sucre est réparti dans $V + V' - V$, c'est à dire dans V' seulement, tandis que l'on admet qu'il est dans $V + V'$. Il s'en suit que le liquide filtré est plus dense, et que la polarisation, avec la correction admise, mène à des résultats trop élevés. L'erreur n'est pas d'ailleurs bien considérable dans ces circonstances, elle est de 0,3 % au maximum.

Erreurs provenant de l'instrument. — Nous appellerons l'attention en premier lieu sur les plaques de quartz du compensateur dont la constitution peut être vicieuse: ces plaques doivent être parfaitement planes, en sorte que l'épaisseur que traverse le rayon soit toujours exactement proportionnelle au déplacement de l'échelle.

D'après Scheibler le pouvoir de rotation normal du sucre, par rapport à celui du quartz n'est pas et ne peut pas être exactement connu. Le quartz n'a pas, en effet de pouvoir de rotation absolument constant, et les divergences que l'on remarque sur ce point tiennent à ce que le poids spécifique du quartz est lui même très-variable: le quartz le plus léger est aussi celui qui dévie le moins le plan de polarisation. La longueur inégale des tubes d'observation peut infirmer gravement les résultats: une différence de $1^{m}/_{m}$ dans la dimension se traduit par une variation de 0,5 % dans le dosage. On peut vérifier la longueur des tubes en y introduisant une baguette d'acier exactement de la dimension voulue: les extremités de la baguette doivent venir en contact avec les disques de verre qui ferment le tube.

Il est essentiel de ne pas trop serrer ces verres, car, dans certains cas, le serrage peut leur communiquer des propriétés biréfringentes qui se traduisent par une polarisation colorée. Les erreurs, de ce chef, peuvent être très-notables. Le phénomène varie avec les différentes espèces de verres; avec des disques de certaines qualités, la pression peut déterminer des erreurs de 3, 4, et 5 degrés dans la lecture. On évite cet inconvénient par l'interposition de rondelles en caoutchouc entre le disque et la douille de serrage.

Venons, pour terminer, aux erreurs subjectives qui sont le fait de l'observateur. Chacun sait que l'organe de la vue est sujet à une maladie connue sous le nom de Daltonisme: l'œil, dans ce cas, ne peut voir le spectre lumineux dans toute son étendue, du rouge au violet. Une autre maladie peut affecter les yeux d'une manière analogue et leur fait confondre ensemble deux couleurs complémentaires. Ces anomalies peuvent se présenter accidentellement et affecter momentanément un organe d'ailleurs parfaitement sain; elles coincident avec certaines dispositions de l'estomac. L'absorption des amers agit en cela comme la fatigue qui résulte de trop longues observations. Quand on emploie la teinte neutre ordinaire, on peut rendre à l'œil fatigué la sensibilité pour cette teinte en reposant le regard sur du papier légèrement teinté, en jaune.

Les erreurs d'observation en moyenne, peuvent osciller entre + ou — 0,2 avec l'appareil de Soleil, entre 0,2 et 0,8 avec l'appareil de Ventzke; elles ne dépassent pas 0,03 avec le polarimètre de Wild, et sont réduites au minimum avec le saccharimètre à pénombre.]

Chapitre IV.

Essais par les méthodes chimiques.

Après avoir exposé en détail le moyen de doser le sucre par la méthode obtique de polarisation, il nous reste à indiquer, en choisissant parmi les plus exacts, quelques uns des procédés chimiques qui peuvent conduire au même résultat. Il est très-rare, dans la pratique, qu'on ait recours à ces analyses chimiques; presque toujours on n'emploie, et avec raison, que la méthode optique, parce que les autres exigent beaucoup de temps, de manipulations, de calculs ou d'expériences, et que la plupart donnent des résultats beaucoup moins certains que le saccharimètre. Nous ne chercherons donc pas dans cet ouvrage à préconiser l'usage des méthodes chimiques qui

exigent d'ailleurs des opérateurs versés dans les connaissances scientifiques, mais des analyses de ce genre, faites sur une petite échelle, font connaître comment se comporte le sucre dans certaines conditions et sous l'influence de certains agents que l'on rencontre souvent dans la fabrication. A ce point de vue, l'analyse chimique peut souvent offrir un intérêt sérieux au fabricant intelligent; elle a d'ailleurs, en outre, un intérêt historique réel quisqu'elle précéda et qu'elle créa la saccharimétrie optique aujourd'hui universellement répandue.

L'une des méthodes les plus anciennes de dosage du sucre dans les jus végétaux repose sur cette propriété que le sucre, soumis à la fermentation alcoolique, se décompose en alcool et en acide carbonique; les produits de la fermentation sont d'ailleurs toujours dans un rapport constant avec la quantité de sucre disparue et permettent de la calculer sans peine. D'après Balling, 100 parties de sucre, en poids, donnent:

	51,111	d'alcool
et	48,889	d'acide carbonique
	100,000.	

D'après Siemens (Chimie de Muspratt, appendice), 98 parties en poids d'alcool absolu correspondent à 171 parties de sucre et à 88 parties d'acide carbonique.

Il suffit donc, pour doser le sucre, de déterminer les proportions d'alcool ou d'acide carbonique auxquelles il donne naissance; or, ainsi que nous le verrons plus loin, ces éléments peuvent se calculer à l'aide de plusieurs procédés.

Balling, qui s'est tout particulièrement occupé de la chimie des ferments, admet que, pour déterminer aussi complètement que possible la fermentation d'un jus de betteraves, il faut ajouter à ce jus une proportion constante (10 %) de levure. Il donne la préférence à la levure de bière, que l'on prépare comme suit: la levure est étendue d'eau pure, de façon à ce que le liquide marque 0,5 % à l'aréomètre (0°,9 Baumé); on la laisse égoutter sur un filtre de papier, et on emploie le résidu consistant qui reste sur le filtre.

D'autres chimistes recommandent d'ajouter au jus de betteraves $^1/_{100}$e d'acide sulfurique, ce qui éveille à un très-haut degré ses propriétés fermentescibles, et comme le jus, dans l'acte même de la fermentation, donne naissance à de la levure, le dépôt sédimenteux qui se forme constitue pour des essais ultérieurs le meilleur ferment.

Pelouze râpait un poids donné de betteraves, pressait la pulpe pour en extraire le jus, et épuisait le résidu avec de l'eau distillée. Les liquides ainsi obtenus étaient rassemblés, et l'addition de levure de bière y déterminait une fermentation alcoolique. Une fois cette fermentation achevée, c'est-à-dire au bout de 14 jours, on séparait l'alcool formé par distillation, et, de la quantité d'alcool absolu produite, on déduisait le poids de sucre en multipliant par le rapport de 100 à 50,9.

Dans ce procédé, l'extraction imparfaite du jus, sa dilution et la durée de sa fermentation pendant laquelle il peut aigrir, enfin la nécessité d'employer un coefficient pour passer du poids de l'alcool au poids du sucre constituaient autant de sources d'erreurs sensibles. Pour y remédier, Hermann retirait le jus de la betterave à l'aide de l'eau bouillante et de la pression. Le liquide obtenu était ensuite chauffé avec 10 % de noir animal, et placé dans une éprouvette graduée de 150cc avec du ferment. L'éprouvette fermée par une glace était placée sur un bain de mercure. A une température de 25°, la fermentation marchait rapidement, et, au bout de 48 heures, la température étant descendue à 17° ½, on mesurait le volume du gaz acide carbonique produit. En partant de cette donnée, il était facile de calculer le poids du sucre disparu.

Cette méthode n'est pas non plus sans causes d'inexactitudes; l'épuisement incomplet de la pulpe, la coagulation de l'albumine, la proportion de jus retenue par le noir (5 % environ), sont autant d'éléments d'erreurs; enfin, pour mesurer rigoureusement le volume de l'acide carbonique, on doit introduire les corrections de température et de pression qui rendent l'opération pénible et incertaine.

Brande se bornait à prendre un poids donné de jus (300 grammes), à y ajouter de la levure et à le faire fermenter à 25 ou 30°. Au bout de 12 heures, il considérait l'opération comme terminée, distillait le liquide, déterminait la proportion d'alcool obtenue et en déduisait le poids de sucre en multipliant par le rapport de 100 à 53,3.

Balling recommande de calculer la teneur en sucre d'après la différence des indications aréométriques dans le liquide avant et après la fermentation. Le jus est soigneusement séparé de la pulpe, et essayé à l'aréomètre Balling à la température de 17°,5.

Cette première observation faite, on ajoute au jus un dixième de son poids environ de levure de bière lavée, à l'état de pâte épaisse et consistante. Il est indifférent d'ailleurs de prendre de la levure de la surface ou du fond des cuves. A une température de 12 à 15° la fermentation est entièrement achevée en trois ou quatre jours. A ce moment, on filtre le liquide sur du papier et on l'essaie de nouveau à l'aréomètre Balling, à la température de 17°,5. Si l'on a trouvé 16 %, par exemple, dans le premier cas, 1,35 dans le second, la différence 14,65 % constitue l'atténuation apparente. Il suffit, pour avoir la proportion de sucre de multiplier cette différence par le coefficient correspondant à la densité initiale du jus et que l'on trouve dans la table ci-après. Pour la richesse initiale de 16 % le facteur de correction est 0,8123. Par suite, 100 parties de jus contenaient 14,64 × 0,812 ou 11,89 % de sucre (Mélanges sur l'industrie et le commerce en Bohême 1840).

Nous donnons ci-après la table dressé par Balling des coefficients ou des facteurs à employer pour chacune des indications aréométriques comprises entre 10 et 20 %.

Taux % de matières dans les jus bruts d'après le saccharimètre.	Valeur correspondante à employer	
	comme diviseur du chiffre de l'atténuation.	comme facteur du même chiffre.
10	1,225	0,8163
11	1.226	0,8156
12	1,227	0,8149
13	1,228	0,8143
14	1,229	0,8136
15	1,230	0,8130
16	1,231	0,8123
17	1,232	0,8116
18	1,233	0,8110
19	1,234	0,8103
20	1,235	0,8097

Si, au lieu de se borner à essayer immédiatement à l'aréomètre la liqueur fermentée, on a la précaution de la faire bouillir, l'alcool et l'acide carbonique qu'elle renferme disparaissent. Si ensuite on ramène le liquide au volume initial par une addition convenable d'eau et qu'on prenne le taux aréométrique, la différence, avant et après fermentation, donnera le chiffre d'atténuation réelle, et on n'aura pas besoin de recourir aux coefficients de la table précédente.

Gall se borne à déterminer la perte de poids que subit le liquide sous l'influence de la fermentation. Cette perte de poids correspond à la quantité d'acide carbonique qui s'est développée. Or, on sait que, dans l'acte de fermentation, 100 parties de sucre donnent en poids 48,89 d'acide carbonique. Il est donc facile de déduire du résultat des pesées la proportion du sucre que renfermait le liquide initial.

Siemens, (Chimie de Muspratt, appendice), recommande un procédé différent: le jus pesé est mis en fermentation avec de la levure, sous une cloche, pendant 48 heures à une température modérée. L'acide carbonique qui se forme passe, avant de s'échapper, dans un tube qui content de la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique. A la suite du tube à acide sulfurique se trouve un tube à clorure de calcium qui prévient l'absorption de l'humidité de l'atmosphère par l'acide sulfurique.

La fermentation achevée, on fait passer dans la liqueur alcoolique une certaine quantité d'air sec ($^1/_2$ litre pour 100$^{c.c.}$ de liquide), de façon à chasser tout l'acide carbonique qui pourrait être résté dans la dissolution.

L'appareil entier est pesé avant et après fermentation; la différence de poids représente la perte en acide carbonique, et comme on compte 178 parties de sucre pour 88 d'acide carbonique dégagé, il est ainsi très-facile de connaître la richesse initiale de la liqueur. En même temps qu'on fait cette expérience, on fait fermenter dans un appareil identique, de la levure seule en suspension dans de l'eau pure. On emploie d'ailleurs de la levure de même provenance et en même quantité que dans l'analyse précédente. Une fois la fermentation arrêtée, on détermine par la pesée la perte en acide carbonique et on retranche le poids ainsi trouvé de celui qu'avait fourni la première expérience. Cette correction est indispensable, car la levure développe d'elle-même de l'acide carbonique, soit que le gaz provienne d'une désorganisation même de la levure, ou qu'il soit dû à la destruction d'une petite quantité de sucre provenant des liquides dans lesquels s'est formée la levure. Si donc l'on n'avait pas soin de retrancher cette portion de l'acide carbonique, on trouverait toujours pour l'analyse du jus des chiffres trop forts.

Bien que la faculté de fermenter constitue une des propriétés caractéristiques des sucres, les méthodes d'analyse fondées sur cette réaction ne sauraient donner de résultats certains. D'une part en effet, elles exigent des manipulations assez longues, d'autre part, elles sont forcément entachées par elles-mêmes d'inexactitude à un certain point de vue: les proportions de glycérine et d'acide succinique qui se forment ne sont point en effet constantes pour tous les cas (Siemens). Aussi, les analyses par voie de fermentation sont-elles peu en usage dans la pratique. En tout cas, et c'est un fait qu'il importe de noter, les jus qui fermentent vite et complètement sont aussi ceux qui d'habitude se travaillent facilement en fabrique. Au contraire, ceux qui ne donnent par la fermen-

tation qu'une faible atténuation sont toujours plus ou moins difficiles à traiter. Les essais de fermentation en petit donnent donc à priori un indice de la valeur des jus et de leur rendement pratique.

Le sucre de cannes jouit de la propriété de donner avec la chaux une combinaison soluble. Ce fait fut utilisé pour la première fois par Péligot, pour mesurer dans un liquide la proportion du sucre par le dosage de la chaux.

Schatten s'est également servi du même principe pour ses analyses. Selon ce chimiste, la quantité de chaux dissoute par 10 grammes de liquide est liée à la quantité de sucre qui se trouve dans la liqueur d'après les relations suivantes, établies pour des liquides contenant de 1 à 16 % de sucre:

Taux % de sucre.	Quantité de chaux pure dissoute (en grammes).
0	0,015
1	0,029
2	0,045
3	0,062
4	0,080
5	0,098
6	0,115
7	0,136
8	0,160
9	0,188
10	0,219
11	0,244
12	0,271
13	0,299
14	0,330
15	0,361
16	0,394

Schatten ajoute au liquide à analyser et à une température constante un lait de chaux en excès; il filtre la liqueur saturée, de façon à séparer la chaux non dissoute et les combinaisons calcaires insolubles. Une fraction connue du liquide

filtré est mise à part dans une eprouvette graduée, et on y ajoute peu à peu de l'acide sulfurique titré à un taux constant, et coloré en rouge par de la teinture de Tournesol. On ajoute la liqueur titrée jusqu'au moment où le mélange commence à accuser une réaction acide, c'est-à-dire jusqu'au point où persiste la coloration rouge qui passait au bleu tant qu'il y avait un excès de base.

On s'arrange pour employer des dissolutions titrées telles qu'on puisse connaître immédiatement, d'après le volume d'acide dépensé, la proportion de sucre contenue dans le mélange.

En tant que dosage de chaux dans les jus, la méthode qui précède est très-importante pour la pratique, mais les conclusions qu'on en tire sur la richesse saccharine ne sont pas suffisamment exactes dans tous les cas; ainsi le sucre de cannes peut dissoudre des quantités de chaux variables suivant qu'on la met sous forme de dissolutions plus au moins étendues.

Trommer, Barreswill et Fehling ont recommandé, pour les analyses de sucre, l'emploi des solutions alcalines d'oxyde de cuivre: ces solutions sont formées de tartrate d'oxyde de cuivre dissous dans des carbonates de potasse ou de soude. L'oxyde n'est pas altéré, même à l'ébullition, par le sucre de cannes, mais le sucre de raisin, le sucre de fruit, etc., le réduisent rapidement à une température suffisante et donnent de l'oxydule de cuivre. Il est donc facile, grâce à l'emploi de ce réactif, de séparer le sucre de cannes des autres variétés dans les liqueurs qui renferment à la fois ces diverses substances.

Pour préparer la liqueur d'essai, Fehling dissout 40 gr. de sulfate de cuivre pur et cristallisé dans quatre fois son poids d'eau; il verse peu à peu le liquide obtenu dans une dissolution de 200 grammes de crême de tartre et 130 gr. de soude caustique étendue d'eau, de façon à ce que la dissolution marque une densité de 1,12. Le précipité bleu qui se forme se redissout par l'agitation, et on obtient 1154^{cc},4, à 17°,5, d'une liqueur bleue sombre. Chaque centimètre cube de cette

liqueur titrée correspond à $0^{gr},050$ de sucre de raisin ou $0^{gr},0475$ de sucre de cannes dans l'analyse.

Pour essayer avec cette liqueur du sucre de cannes cristallisable, il faut évidemment commencer par transformer cette matière en sucre de fruits. On y arrive très-facilement en faisant agir à chaud un acide qu'on neutralise ensuite soigneusement, lorsque tout le sucre est interverti, soit avec du carbonate de baryte, soit avec du carbonate de soude.

Pour l'essai, on prend 10^{cc} de la dissolution alcaline cuivrique; on y ajoute 40^{cc} d'eau, et on porte le tout à l'ébullition dans une capsule de parcelaine. Cela fait, on y verse avec une burette et goutte à goutte la liqueur sucrée jusqu'à ce que la couleur bleue de la solution cuivrique ait complètement disparu; à ce moment tout l'oyxde de cuivre est ramené à l'état de sous-oxyde rouge qui se précipite, et la liqueur devient incolore.

[L'instant précis auquel il ne faut plus ajouter de liqueur cuivrique est assez difficile à saisir; toutefois, on peut rendre la méthode moins incertaine en mettant un excès de liqueur cuivrique titrée, et en recherchant le cuivre non précipité. On peut, à cet effet, recourir au procédé de M. Pelouze. Ce procédé repose 1. sur la coloration bleue intense que prend une liqueur cuivrique rendue ammoniacale; 2. sur la précipitation, par les sulfures alcalins, du cuivre dissons dans l'ammoniaque. On emploie généralement une liqueur de monosulfure de sodium que l'on titre de la manière suivante: On dissout 1 gramme de cuivre pur dans un peu d'acide azotique, puis on verse de l'ammoniaque dans la liqueur jusqu'à ce qu'elle ait pris une teinte franchement bleue, et qu'une nouvelle addition d'ammoniaque ne produise plus de vapeurs blanches. On chauffe alors presque jusqu'à l'ébullition, et on verse petit à petit dans le matras la dissolution de monosulfure contenue dans une burette graduée, comme pour les essais alcalimétriques: Tout le cuivre est précipité à l'état d'oxysulfure, et, au moment où la précipitation est complète, la liqueur perd sa coloration bleue. Cet instant est facile à saisir; on note alors sur la burette le nombre de

divisions employées pour amener la décoloration: soit N ce nombre. Si l'on opère maintenant sur une dissolution cuivrique quelconque, rendue ammoniacale, en suivant exactement la marche que nous venons de décrire, on trouvera un second nombre, n. Il est clair que le poids de cuivre précipité sera donné par la relation $\frac{n}{N}$. Ce nombre correspondra, pour le cas qui nous occupe, à la quantité de cuivre non précipité par la liqueur sucrée; on a donc, par différence la proportion de cuivre qui correspond exactement à la teneur en sucre du liquide essayé, et on peut en déduire aisément le poids même de sucre, comme dans l'essai ordinaire. Si le liquide à essayer contient déjà du glucose, deux essais consécutifs, avant et après inversion, en font connaître la quantité.

Ajoutons que ce procédé très-bon quand on l'applique à un mélange simple de sucre de canne et de glucose devient fautif en présence de substances telles que l'acide tartrique, la dextrine, le sucre de lait, dont l'action sur le réactif de Fehling est excessivement complexe. De plus, dans certains cas, le sucre cristallisable lui-même peut précipiter la liqueur cuivrique sous l'influence d'un excès d'alcali.

La détermination du glucose peut d'ailleurs se faire d'après la méthode suivante, indiquée par M. Dubrunfaut, et qui donne de bons résultats entre des mains exercées. On dissout un poids connu de la substance dans l'eau, et on neutralise exactement le liquide filtré, qu'il soit acide ou alcalin, puis on le porte à l'ébullition avec une volume déterminé de solution titrée de soude. Au bout de quelques instants, la liqueur est fortement colorée; on l'étend d'eau de façon à obtenir une coloration plus faible, et, avec de l'acide sulfurique titré, on cherche combien la lessive de soude a perdu de degrés. 8°,6 alcalimétriques correspondent à 1 partie de glucose ou de sucre cristallisable interverti.

Ainsi: 96,5 divisions de lessive caustique avaient exigé 80,5 divisions d'acide; 100 d'acide correspondaient donc à 120 de soude, et 1 d'acide à 1,20 de soude. Or, 97,5 divisions

de cette soude ayant bouilli avec 300^{cc} de jus de canne ont exigé, après ébullition, 35 divisions d'acide seulement, ce qui correspond à $1,20 \times 35 = 42$ de soude. 55,5 degrés de soude avaient donc disparu, ce qui, à raison de 8°,6 de soude pour 1 de glucose, donne 6,45 de glucose pour 300^{cc} de jus, soit 2,15 %.

Chancel a fait connaître que dans toute inversion, il y a contraction de la liqueur, et que ce phénomène augmente d'intensité avec la teneur en matière sucrée. D'après Dubrunfaut, avec 20 gr. de sucre dans 1 décilitre, la contraction est de 0,00345; avec 40 gr., dans le même volume, elle est de 0,00695; avec 80 gr., elle s'élève à 0,01390. Sur ces données, on a construit des tables qui pourraient servir de base à une méthode saccharimétrique].

Le plus ancien procédé pour doser le sucre dans la betterave, celui qu'employaient déjà Markgraf et Gottling est sans contredit l'extraction par l'alcool. Pelouze et Bley (de Bernbourg) épuisaient la pulpe de betteraves nouvellement râpée par l'alcool, et évaporaient l'extrait filtré. Malheureusement, l'alcool se diluant au contact de l'eau renfermée dans les jus, le résidu de l'évaporation représentait, en dehors du sucre, la majeure partie des sels étrangers; l'analyse ainsi faite ne donnait que des résultats peu exacts.

Péligot a modifié en l'améliorant ce procédé primitif: il pèse un certain poids de betteraves coupées en minces lanières, il les dessèche par la chaleur à une température de 100°, jusqu'à ce qu'elles ne perdent plus de leur poids. De la sorte, on connait la teneur en eau et le poids des substances solides desséchées de la betterave.

Les lanières ainsi privées d'eau sont réduites en poudre fine et épuisées à froid à plusieurs reprises par de l'alcool à la densité de 0,83. Les liquides d'épuisement sont réunis et évaporés à une douce chaleur jusqu'à ce que le résidu commence à cristalliser. A ce moment on laisse la cristallisation se terminer d'elle-même, soit dans un local chauffé, soit dans le vide. L'évaporation est d'ailleurs très-rapide par suite de

la volatilité de l'alcool et il suffit ensuite de peser le résidu total pour connaître le poids du sucre.

Ce procédé a été adopté par la Commission instituée pour l'étude de la betterave en Irlande et il se trouve décrit comme suit dans le rapport au Parlement.

"On place dans un vase de petite dimension 100 ou 120 grammes de tranches de betteraves desséchées et pulvérisées; on les traite par de l'alcool à la densité de 0,83 auquel on a ajouté une ou deux gouttes d'une dissolution très-étendue de potasse caustique, de façon à neutraliser les traces d'acide libre. La betterave reste ainsi deux jours en contact avec l'alcool, puis on décante le liquide et on le remplace par de l'alcool nouveau qu'on laisse 12 heures. L'opération est répétée ainsi 5 ou 6 fois, jusqu'à ce que l'alcool n'enlève plus trace de matière.

La dissolution alcoolique ainsi obtenue est filtrée et évaporée à siccité à une chaleur modérée. Le résidu est repris à l'alcool absolu qui n'enlève pas de sucre, mais le dépouille entièrement des matières grasses azotées ou des sels qu'il conservait."

Cette méthode de dosage du sucre offre cette particularité intéressante que, récemment, Schutzenbach a voulu procéder à l'extraction du sucre en grand par une voie complètement identique. Mais alors, comme le fait remarquer à juste titre le rapport au Parlement, les sels, les matières colorantes, les corps gras, passent nécessairement dans l'extrait alcoolique, puisque l'alcool pur ne dissout pas le sucre et qu'il faut par suite employer pour l'épuisement de l'alcool renfermant une forte proportion d'eau. On est donc amené à reprendre la masse sucrée obtenue par de l'alcool absolu, pour la dépouiller des matières grasses ou colorantes, et cette opération n'est pas pratique sur une grande échelle eu égard aux dépenses élevées qu'elle entraîne.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, le fabricant peut, dans la majeure partie des cas, se fixer sur la valeur d'un jus ou d'un produit de fabrication, en se bornant aux analyses que

nous venons d'exposer: il détermine par l'aréomètre ou la balance la teneur apparente de la substance en principes solides, et par la polarisation sa richesse saccharine. Toutefois, si l'on veut procéder d'une manière rationnelle, ces données sont souvent insuffisantes; on peut en effet avoir intérêt à connaître quelle est la teneur *réelle* en substances solides, quelles sont les matières qui se trouvent à côté du sucre et dans quelle proportion elles s'y trouvent. Déjà nous avons vu l'importance de ces données lorsque nous nous occupions du choix des betteraves, de l'influence des modes de culture sur leur composition (pages 132 à 145). Le même problème se présente de nouveau, et plus important encore, dans la fabrication. C'est en le résolvant qu'on connaitra la nature et l'importance des principes chimiques qui peuvent nuire au sucre dans un jus, l'influence plus ou moins préjudiciable qu'ils exerceront dans le traitement, les procédés à suivre pour neutraliser cette action nuisible.

Avant tout, on a à déterminer la teneur réelle du jus en substances solides. On y arrive en évaporant l'eau que renferme le jus à une température modérée: on se sert à cet effet du bain-marie ou du bain de sable; on dessèche ensuite le résidu jusqu'à ce que son poids reste constant. Les matières qu'on sépare ainsi par une dessiccation complète sont souvent d'une nature très-hygrométrique et attirent rapidement l'humidité. Aussi convient-il de les laisser refroidir sous une cloche à côté d'une soucoupe d'acide sulfurique, et de peser immédiatement après. Lorsque la dessiccation a été menée soigneusement, à une température assez basse pour ne pas détruire les matières organiques, si facilement décomposables, on obtient réellement par ce procédé la quantité de substances solides contenue dans 100 parties de jus, et l'on connait par suite et le taux *réel* de ces substances, et, par la différence des pesées, la proportion d'eau que renfermait le jus.

Dans la Chimie de Muspratt (appendice), on recommande de se servir pour ces analyses, de tubes à dessécher analogues à ceux qu'employait Liebig pour l'analyse des substances

organiques. L'appareil se compose d'un large tube en verre terminé aux deux extremités par deux petits tubes coudés à angle droit. On y place un poids connu de jus, et on le chauffe au bain-marie à 100°, de façon à être sûr de ne jamais dépasser cette température. En même temps, on fait traverser l'appareil par un courant d'hydrogène ou de gaz d'éclairage desséché. Il en résulte une évaporation plus rapide du jus, et les matières se trouvent entièrement préservées du contact de l'air atmosphérique qui tend à les décomposer. Une fois l'évaporation de l'eau terminée, six heures suffisent pour assurer la dessiccation complète de la substance. On déplace alors l'hydrogène par une petite quantité d'air et on pèse. Le poids que l'on trouve ainsi, déduction faite de la tare, donne le taux réel des matières solides de jus, et la différence avec le poids initial donne la quantité d'eau enlevée.

Badal recommande, pour déterminer la proportion des résidus, de dessécher le jus dans une capsule avec du sable bien purifié. On augmente de la sorte dans une notable proportion la surface en contact avec l'air.

Que l'on se serve de l'une ou de l'autre de ces méthodes, on en déduit la proportion réelle de substances solides du jus, et, si l'on en retranche le sucre déterminé par une autre analyse, on connait le taux réel des matières étrangères qui empêchent l'extraction d'une partie du sucre des jus. Ce dernier effet est dû, pour certaines substances, à une action mécanique qui empêche la cristallisation, pour d'autres, à des actions chimiques qui détruisent le sucre. Dans la pratique, on admet que la proportion de sucre rendue incristallisable par ces actions est proportionnelle au poids des matières étrangères qui accompagnent le sucre dans les liqueurs, et l'on regarde un jus comme d'autant meilleur qu'il contient moins de matières étrangères pour une quantité de sucre constante. C'est sur ce principe que reposent toutes les tables et tous les calculs dont on fait usage pour déterminer à priori le rendement en sucre cristallisé. Toutefois, cette hypothèse n'est pas absolument exacte, et on le comprendra sans peine: certaines des matières

étrangères, même en notable quantité, sont chimiquement beaucoup moins nuisibles au sucre que d'autres pour des proportions beaucoup plus faibles. Ainsi, comme nous le verrons plus loin, la magnésie ne nuit pour ainsi dire pas à la cristallisation du sucre, tandis qu'une partie de potasse empêche la cristallisation de sept parties de sucre environ, une partie de soude de onze. On ne saurait donc, dans des recherches exactes, se borner à indiquer le poids total de ces matières étrangères dont les proportions relatives peuvent être très-variables, et il faudrait procéder à une analyse qualitative exacte, si l'on voulait avoir une base assurée pour établir à priori un rendement, ou choisir le mode préférable de traitement des jus. Or, dans l'état actuel de la science, une pareille analyse n'est pas possible pour un fabricant engagé dans l'indusrie.

Pour les besoins de la pratique, on se borne généralement à partager l'ensemble des substances étrangères en deux groupes dont on fait le dosage approximativement et sans s'astreindre aux minutieuses précautions d'un travail exact de laboratoire; ces deux groupes sont: d'une part les sels, d'autre part les matières protéiques azotées, et on comprend sous cette dénomination générale, les graisses, la gélatine, la légumine, l'albumine, les matières colorantes, les principes extractifs, la pectine, etc.

Il n'existe pas, entre les sels et les matières azotées, un rapport constant pour tous les jus. La proportion relative varie suivant l'engrais, la saison, etc., de sorte que le fabricant, connût-il le poids total des substances étrangères, n'en pourrait déduire le poids de chacun des deux groupes. Cependant cette notion est essentielle pour le travail journalier, car les substances azotées et les sels se comportent très-inégalement dans le traitement et exercent, pour empêcher la cristallisation du sucre, une influence très-différente. Par suite, des jus contenant une même proportion de matières étrangères donneront des résultats tout différents, suivant que les sels ou les matières azotées y domineront.

On a généralement recours à l'incinération pour déterminer dans les jus la proportion des sels en pesant les cendres ainsi obtenues, ou mieux on emploie l'halomètre de Weiler, comme nous l'avons déjà vu précédemment à propos de la recherche de la valeur des betteraves.

[On a donné plusieurs méthodes pour la détermination du poids des cendres: M. Dubrunfaut avait conseillé une simple incinération, une lexivation des cendres, et le titrage alcolimétrique de la liqueur obtenue; mais on a dû renoncer à cette pratique par suite des difficultés que l'on éprouve à incinérer complètement les matières sucrées. Depuis, on a tourné la difficulté en ajoutant à la substance quelques gouttes d'acide sulfurique qui rendent l'incinération très-complète et très-rapide. Il faut avoir soin de chauffer progressivement; quand l'incinération semble finie, on ajoute encore un peu d'acide, et on donne un coup de feu pour terminer. On est sûr, alors, de n'avoir plus que des sulfates dans la capsule, on en détermine le poids, et on en déduit le poids des cendres en multipliant le nombre trouvé par 0,9. Ce coefficient, généralement admis, n'est pas très-éloigné de la vérité, mais il n'est cependant pas rigoureusement exact; il est expliqué par la substitution de l'acide sulfurique au chlore des chlorures[1] et à l'acide carbonique des carbonates fournis par les sels organiques et les nitrates, mais comme les rapports de ces différents sels sont très-variables, la correction peut être dans bien des cas sujette à caution. Pour remédier à cette incertitude, M. Dubrunfaut a imaginé récemment de rendre l'incinération des substances sucrées plus complète et plus facile par l'addition d'un poids connu de mousse de platine. D'après ce chimiste, 4 grammes de mousse de platine rendraient complète, en 10 minutes,

---

1) Dans les analyses de salins, le chlore est toujours combiné à la potasse, et on a remarqué qu'il est souvent à équivalent chimique avec la quantité de métal du carbonate de soude. M. Dubrunfaut a conclu de ce fait que le sodium, dans le jus de betterave, est combiné au chlore, mais que dans le lessivage des cendres, l'incompatibilité du carbonate de potasse et du chlorure de sodium détermine un double échange.

l'incinération de 5 grammes de sucre. Il faut chauffer avec précaution, au début surtout.]

La teneur en cendres ou la teneur en sels, suivant la dénomination usuelle, varie dans les jus de betteraves de 0,5 à 1,2 %. Si le taux % de sucre est le même dans tous les échantillons, 12 % par exemple, on voit que dans l'un des cas on peut avoir 4,17 parties de sels ou de cendres pour 100 de sucre; dans l'autre, la proportion serait de 10 %.

On admet dans la pratique que les betteraves se travaillent encore bien si leur jus ne donne pas plus de 6 parties de cendres pour 100 de sucre. Lorsque la proportion des cendres dépasse cette limite, les jus se travaillent mal; les masses cuites sont plus colorées et ne fournissent qu'un moindre rendement en sucre cristallisé. La teneur normale en cendres d'un jus de densité moyenne à 12 % de sucre serait par suite $\frac{12 \times}{100}$ ou 0,72 %.

Les betteraves correspondant à cette composition donnent en général un beau rendement et dans des conditions de production économiques. Au contraire, celles qui contiennent plus de sels ont le double inconvénient, et de donner une quantité de sucre proportionnellement moindre, et d'exiger des frais de fabrication plus élevés. C'est un fait que le cultivateur ne devrait jamais perdre de vue, car la teneur en sels dépend en partie de la fumure. Du reste, ainsi que nous l'avons déjà dit, il est essentiel de tenir compte, non seulement de la quantité de sels que renferme un jus, mais encore de leur nature. C'est un sujet sur lequel nous reviendrons plus loin.

Les matières organiques du jus, en dehors du sucre, se dosent souvent par différence, une fois qu'on connait les proportions de sucre et de sels minéraux. Toutefois, cette méthode est peu exacte parce que l'incinération ne donne que les éléments fixes des sels et non le poids réel des sels préexistants. Aussi, me semble-t-il préférable de rechercher directement la proportion des substances azotées; d'ailleurs cette détermination se fait beaucoup plus rapidement que la plupart

des autres essais indiqués plus haut. Pour faire cette analyse quantitative des substances azotées, on procède comme nous l'avons vu page 139 et suivantes. On prend un poids donné de jus, on le chauffe, et on y précipite les matières azotées à l'aide d'une solution étendue et titrée de tannin. Bien que nous ayons déjà indiqué en détail pages 139 et 140, l'action chimique que produit le tannin sur les jus et le mode de préparation de la liqueur titrée, il ne sera cependant pas sans intérêt pour le fabricant de donner encore ici quelques remarques suggérées par une expérience personnelle sur les précautions d'un pareil essai au tannin et sur les artifices de laboratoire les plus convenables.

Avant tout, on doit préparer de la liqueur titrée fraîche, car elle se décompose facilement avec le temps, même dans des vases fermés. On fera donc bien d'avoir toujours en réserve du tannin pur et sec, et de ne préparer de la dissolution que pour une semaine au maximum.

La liqueur titrée dont je me servais avait pour titre 0,002; elle renfermait deux grammes de tannin dans un litre d'eau distillée. On peut toutefois sans inconvénient faire usage d'une liqueur plus concentrée pour précipiter la majeure partie des substances azotées. Au moment où presque tout est séparé, on emploie une solution plus étendue, par exemple 10 fois plus faible que la première. De la sorte, l'expérience se fait rapidement et avec exactitude. Ce procédé est surtout avantageux lorsque l'essai porte sur plus de 10 centimètres cubes de jus, car si dans ce cas on ne faisait usage que d'une solution étendue, il faudrait en ajouter un volume trop considérable.

Au moment de l'essai, on verse la liqueur titrée dans une burette de Mohr (figure 105), de manière à ce qu'elle affleure exactement à la division 0. Pour atteindre ce point, on observe le niveau du liquide en le plaçant à la hauteur de l'œil, et on presse un peu sur le ressort en fil de fer qui ferme l'appareil, de façon à ouvrir légèrement l'orifice inférieur et à laisser écouler le liquide goutte à goutte jusqu'à ce qu'il

arrive au niveau voulu. Quand le bord inférieur du ménisque est dans le plan du zéro, on cesse d'appuyer sur le ressort, et l'appareil se trouve préparé pour l'essai.

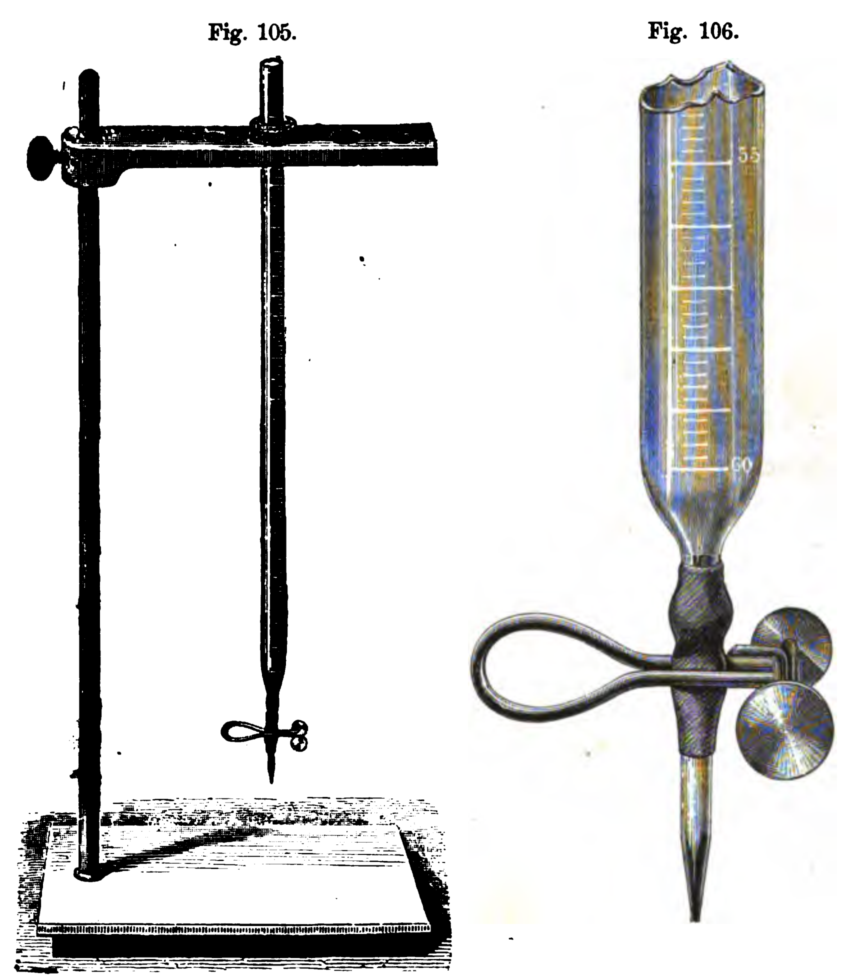


Fig. 105. Fig. 106.

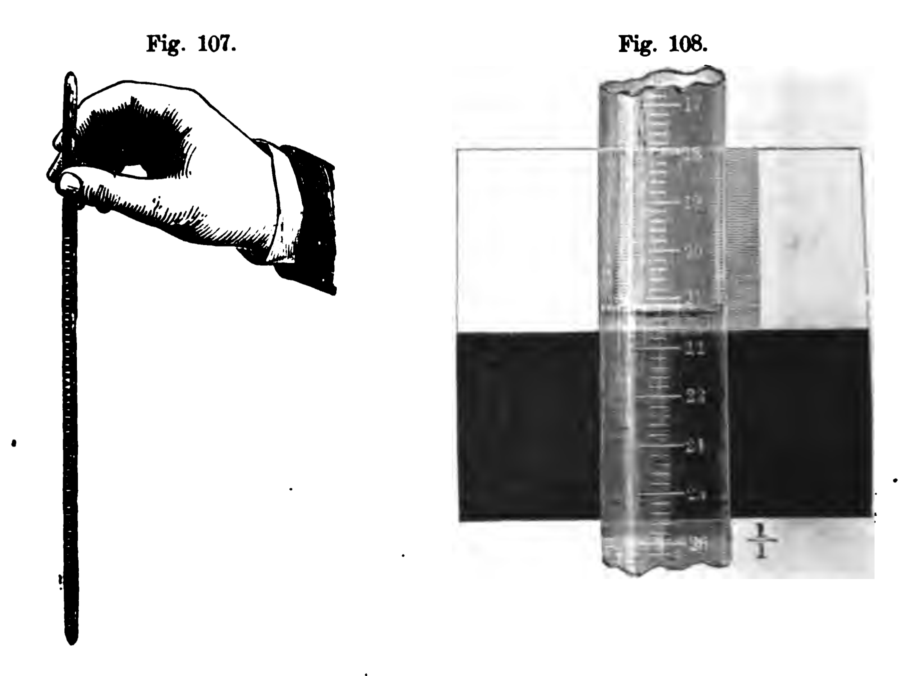
Nous donnons figure 106, en véritable grandeur, le dessin de la partie inférieure de la burette de Mohr munie de sa fermeture. La disposition de l'appareil se comprend à la seule inspection de la figure.

On mesure alors le jus à analyser avec une des pipettes représentées figures 107 et 108, et on le verse dans une capsule de porcelaine légèrement chauffée; on peut également se

borner à peser dans cette capsule 100 grammes de jus. A ce moment, on fait tomber de la burette de Mohr dans la capsule, et lentement, la solution titrée de tannin. Il se forme des flocons qui nagent dans le liquide; on attend chaque fois qu'ils se soient déposés au fond du vase pour ajouter une nouvelle dose de tannin.

Le dépôt floconneux se sépare plus vite dans les dissolutions étendues que dans les autres; il peut donc être utile d'ajouter au jus soumis à l'essai dans la capsule de porcelaine un certain volume d'eau distillée.

Fig. 107. Fig. 108.



Une fois le dépôt formé, on retire une goutte de liquide clair à l'extrémité d'une petite pipette, en ayant soin de ne pas prendre du précipité; cette goutte de liquide est déposée sur une plaque de porcelaine et mise en contact avec une goutte de sulfate de fer. S'il ne se produit pas de coloration, c'est un signe que le jus ne renferme pas encore de tannin à l'état libre, et l'on peut continuer à ajouter de la liqueur titrée jusqu'au moment où un nouvel essai donne une teinte bleue